

Universidade de Lisboa



**ATIVIDADES PRÁTICAS NA APRENDIZAGEM
DOS MECANISMOS DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA
– um estudo com alunos do 11º ano do Ensino Secundário**

Diana Isabel Máximo Rodrigues

Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia
no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Relatório da Prática de Ensino Supervisionada

2016

Universidade de Lisboa



**ATIVIDADES PRÁTICAS NA APRENDIZAGEM
DOS MECANISMOS DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA
– um estudo com alunos do 11º ano do Ensino Secundário**

Diana Isabel Máximo Rodrigues

Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia
no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

**Relatório da Prática de Ensino Supervisionada
orientado pela Professora Doutora Cecília Galvão**

2016

Este trabalho é da minha inteira responsabilidade.
O texto deste relatório é original. Não usei palavras
ou ideias, publicadas ou não publicadas, de outros
autores sem ter devidamente referenciado tal
trabalho anterior.

Lisboa, 08 de outubro de 2016

(Diana Isabel Máximo Rodrigues)

DEDICATÓRIA

Aos que partem e aos que chegam...

para a minha avó Mariana e para a minha filha Íris

... e que estarão sempre comigo

PREFÁCIO

Foi em setembro de 2012 que, após alguma hesitação, iniciei mais uma caminhada no meu trajeto acadêmico. Apesar da certa incerteza do futuro que se adivinhava, especialmente numa conjectura pouco positiva e animadora, foi com total dedicação que decidi ser professora.

Ao longo deste percurso foram vários os marcos alcançados e que mudaram o rumo da minha vida, tanto a nível pessoal como profissional. Foi ainda durante esta fase da minha vida acadêmica, que a minha vida adulta floresceu - deixei de ser Um independente, passei a ser parte de Dois que acolheu Três de braços abertos, e finalmente recebi de presente um Quatro – e a minha nova Família surgiu.

Pelo meio foram inúmeras as conquistas e as derrotas, os avanços e os contratempos, mas a bandeira axadrezada estava reservada para o final desta minha corrida, aguardando pacientemente pela oportunidade de esvoaçar e demonstrar ao mundo a minha vitória.

E é assim que depois de um interregno de um ano e meio sobre as intervenções realizadas, finalmente termina esta jornada. Terminadas todas as Unidades Curriculares e após a redação deste Relatório (e agora já com o meu rebento pela mão), é com ainda mais raízes e alicerces que me agarro à minha nova carreira, com vontade de ser mais e melhor, na esperança de ser a direção certa para um futuro radiante.

Após este preâmbulo, não posso deixar de agradecer às pessoas que foram fundamentais para que conseguisse realizar com sucesso esta aventura atribulada.

Em primeiro lugar, à professora coordenadora, Professora Doutora Cecília Galvão, por toda a orientação, por me ter aberto os horizontes e fazer perceber que tipo de professora eu me queria tornar.

À professora cooperante, Professora Dra. Paula Serra, por confiar em mim tamanha responsabilidade, pela disponibilidade total e incansável com que me acolheu, pela paciência, pelos conselhos, pela força, por toda a ajuda e apoio que foram vitais para que conseguisse ter sucesso, e também pelo sorriso sempre presente e espírito alegre com que me recebia todas as manhãs.

À Professora Doutora Ana Isabel Correia, pela sua disponibilidade e presença sempre que solicitada, pela orientação e pelas correções.

A todos os professores do mestrado, em especial às professoras Dra. Ana Vicêncio, Professora Doutora Isabel Chagas e Professora Doutora Carla Kullberg com quem privei mais de perto, pois sem esse apoio não teria chegado onde cheguei.

À Escola Secundária de Vergílio Ferreira, diretora, docentes e funcionários, em especial à professora Dra. Fernanda Veríssimo por me ter recebido tão bem e por ter sempre uma palavra amiga para me dar. Aos alunos da turma 11^{05ª} por me terem recebido de braços abertos, atenciosos e compreensivos.

Às colegas de mestrado mais próximas, Vera, Tânia e Cristina, pelo apoio mútuo e companheirismo sem competitividade, como já é difícil de encontrar nos dias de hoje.

Em último mas não menos importante, a toda a minha família de sangue e do coração. Obrigada família mais próxima, mãe, pai, marido, filha, enteado, sogro e sogra, por todos os sentimentos que as palavras não sabem expressar. Estar-vos-ei eternamente grata. Pela educação, pelos sermões, pela compreensão, pela amizade, pela ajuda, pelo amor; por serem o meu chão, as minhas raízes, o meu lar. Aos amigos mais chegados e aos velhos amigos, pela paciência, pela cumplicidade e pelo carinho, por me ajudarem a ser a pessoa que sou hoje.

A todos vocês, muito obrigada.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	6
PREFÁCIO	8
ÍNDICE	10
ÍNDICE DE FIGURAS	13
RESUMO.....	15
ABSTRACT	17
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	18
1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO	18
2. QUESTÕES ORIENTADORAS DA INVESTIGAÇÃO.....	20
3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	20
CAPÍTULO II - ENQUADRAMENTO TEÓRICO	22
1. EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA	22
2. PERSPETIVA CONSTRUTIVISTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM	24
<i>Aprendizagem por questionamento (inquiry-based).....</i>	<i>25</i>
<i>Aprendizagem significativa</i>	<i>26</i>
3. ATIVIDADES PRÁTICAS.....	27
CAPÍTULO III - CONTEXTO ESCOLAR	30
1. BREVE CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA	30
2. BREVE CARACTERIZAÇÃO DA TURMA.....	32
CAPÍTULO IV - PROPOSTA DIDÁTICA	33
1. FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA	33
1.1. <i>Unicelularidade e multicelularidade.....</i>	<i>34</i>
1.1.1. Dos seres procariontes aos seres eucariontes - modelos explicativos.....	34
Modelo autogénico	34
Modelo endossimbiótico	36
1.1.2. Origem da multicelularidade	39
1.2. <i>Mecanismos de evolução</i>	<i>43</i>
1.2.1. Fixismo vs Evolucionismo	44
Lamarckismo	45
Darwinismo.....	47
1.2.2. Argumentos do Evolucionismo	50
Argumentos de anatomia comparada	51
Argumentos paleontológicos.....	52
Argumentos embriológicos	53
Argumentos biogeográficos	54
Argumentos citológicos.....	54
Argumentos bioquímicos	55

1.2.3. Neodarwinismo – Teoria Sintética da Evolução.....	55
Mutações.....	58
Seleção natural.....	58
Migrações (fluxo genético).....	58
Deriva genética.....	58
Cruzamentos não ao acaso	59
Seleção artificial	59
2. FUNDAMENTAÇÃO CURRICULAR	60
3. FUNDAMENTAÇÃO DIDÁTICA	62
<i>Potencialidades educativas das metodologias.....</i>	63
<i>Estratégias de ensino</i>	64
5. ATIVIDADES PROPOSTAS	65
6. AVALIAÇÃO	66
7. SÍNTESE DESCRITIVA DAS AULAS	67
<i>Descrição das aulas</i>	67
1ª Aula	67
2ª Aula	68
3ª Aula	69
4ª Aula	70
5ª Aula	70
6ª Aula	71
7ª Aula	72
8ª Aula	74
9ª Aula	74
10ª Aula	75
11ª Aula	76
CAPÍTULO V - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	77
1. ESTRATÉGIA DA INVESTIGAÇÃO PEDAGÓGICA	77
2. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	77
3. INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS	78
4. CALENDARIZAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE RECOLHA DE DADOS.....	79
CAPÍTULO VI - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	80
1ª AULA.....	80
<i>Diário de aula</i>	80
<i>Ficha de diagnóstico.....</i>	80
<i>Ficha de registo de observações</i>	81
2ª AULA.....	81
<i>Diário de aula</i>	81
<i>Guião do documentário</i>	82
	11

3ª AULA.....	82
<i>Diário de aula e notas sobre os exercícios propostos</i>	82
4ª AULA.....	83
<i>Diário de aula</i>	83
<i>Grelha de registo de observações do debate</i>	84
5ª AULA.....	84
<i>Diário de aula e notas sobre os exercícios propostos</i>	84
6ª AULA.....	85
<i>Diário de aula</i>	85
7ª Aula.....	86
Diário de aula.....	86
<i>Relatório da atividade investigativa laboratorial</i>	87
8ª AULA.....	88
<i>Diário de aula e notas sobre os exercícios propostos</i>	88
9ª Aula.....	88
Diário de aula.....	88
10ª Aula.....	89
Diário da aula.....	89
<i>Trabalho de estudo de um caso recolhido em campo</i>	89
11ª AULA.....	90
<i>Teste de avaliação sumativa</i>	90
<i>Questionário de auto-avaliação.</i>	90
CAPÍTULO VII - BALANÇO REFLEXIVO.....	91
1. RESPOSTA ÀS QUESTÕES ORIENTADORAS DA INVESTIGAÇÃO	91
<i>“Que dificuldades demonstram os alunos na execução das atividades e na aplicação dos conceitos sobre a evolução biológica?”</i>	91
<i>“Como pode o professor ajudar os alunos a contornar as suas principais dificuldades, quando desenvolvem atividades práticas sobre evolução?”</i>	92
<i>“Quais as potencialidades e limitações de diferentes tipos de atividades práticas na aprendizagem dos mecanismos de evolução biológica por alunos do 11º ano do Ensino Secundário?”</i>	92
2. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
REFERÊNCIAS	94
ANEXOS	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Fotografias da fachada (A), do pátio no interior do recinto (B) e dos corredores de ligação dos diferentes edifícios (C) da Escola Secundária de Vergílio Ferreira, em Lisboa.....	30
Figura 2 – Fotografia da sala H010, da Escola Secundária de Vergílio Ferreira.....	31
Figura 3 – Organograma geral da Unidade 7 – Evolução Biológica - versão inicial.....	33
Figura 4 – Esquema exemplificativo do processo de formação da célula eucariótica, de acordo com o modelo autogénico.....	34
Figura 5 – Esquema comparativo da estrutura celular de uma bactéria e da estrutura organelar de uma mitocôndria, evidenciando as semelhanças ao nível da membrana e do material genético.....	34
Figura 6 – Esquema exemplificativo do processo de formação da célula eucariótica, de acordo com o modelo endossimbiótico.....	35
Figura 7 – Esquemas comparativos das estruturas membranares e dos sistemas de transporte através das membranas.....	35
Figura 8 – Esquema comparativo do método de reprodução de uma bactéria e de uma mitocôndria, evidenciando as semelhanças ao nível do processo de divisão.....	36
Figura 9 – Esquema exemplificativo da conjugação dos dois modelos autogénico e endossimbiótico	37
Figura 10 – Fotografia microscópica da ameba <i>Pelomyxa palustris</i>	38
Figura 11 – Esquema e fotografia da alga unicelular <i>Acetabularia</i> sp.....	39
Figura 12 – Esquema exemplificativo da evolução de uma colónia <i>Volvox</i> sp.....	39
Figura 13 – Esquema e imagens representativas do processo evolutivo desde os seres procariontes unicelulares aos seres eucariontes multicelulares.....	41
Figura 14 – Organograma geral da Unidade 7 – Evolução Biológica - conceitos-chave da subunidade 1. Unicelularidade e Multicelularidade.....	42
Figura 15 – Esquema exemplificativo da evolução das espécies ao longo do tempo, de acordo com o Fixismo ou Evolucionismo.....	43

Figura 16 – Esquemas representativos do exemplo do desenvolvimento do pescoço das girafas, de acordo com a teoria de evolução das espécies de Lamarck.....	45
Figura 17 – Tabela-resumo dos contributos de várias áreas da Biologia e da Geologia para a formulação da teoria de evolução das espécies de Darwin.....	48
Figura 18 – Esquemas representativos do exemplo do desenvolvimento do pescoço das girafas, de acordo com a teoria de evolução das espécies de Darwin.....	48
Figura 19 – Tabela comparativa dos pressupostos principais defendidos pelas teorias de evolução das espécies de Lamarck e de Darwin.....	48
Figura 20 – Esquema comparativo dos pressupostos principais defendidos pelas teorias de evolução das espécies de Lamarck e de Darwin.....	49
Figura 21 – Esquemas representativos de exemplos de órgãos análogos e homólogos de diferentes espécies de animais.....	50
Figura 22 – Fotografia do registo fóssil (A) e representação esquemática (B) do organismo extinto <i>Archaeopteryx</i>	52
Figura 23 – Esquema comparativo das estruturas embrionárias de animais vertebrados de diferentes classes, evidenciando semelhanças entre as espécies filogeneticamente mais próximas.....	55
Figura 24 – Tabela-resumo das ideias principais defendidas pela teoria sintética da evolução.....	56
Figura 25 – Organograma geral da Unidade 7 – Evolução Biológica - versão final.....	59
Figura 26 – Fluxograma resumindo as competências visadas para a Unidade 7 – Evolução Biológica	60
Figura 27 – Tabela-resumo das atividades práticas realizadas, com indicação da respetiva aula.....	65
Figura 28 – Distribuição das placas de teste pelos alunos de cada grupo, consoante as variáveis independentes em estudo.....	72
Figura 29 – Tabela-resumo dos instrumentos de recolha de dados utilizados, distribuídos pelas aulas respetivas.....	78

RESUMO

Este estudo pretendeu desvendar as potencialidades e limitações de diferentes tipos de atividades práticas, na aprendizagem dos mecanismos de evolução biológica, por alunos do 11º ano do ensino secundário, em biologia e geologia. Com base nesta questão-problema, foi necessário averiguar que dificuldades demonstram os alunos na execução das atividades, e na aplicação dos conceitos sobre a evolução biológica. Uma vez detetadas essas dificuldades, a sua análise reflexiva desvendou de que forma pode o professor ajudar os alunos a contorná-las, quando estes desenvolvem atividades práticas sobre evolução.

A disciplina de Biologia e Geologia, neste nível de escolaridade, visa demonstrar aos alunos como se pode explicar a grande diversidade de seres vivos na natureza. Em particular, na unidade temática abordada nesta intervenção letiva, o estudo da evolução biológica pretende explicar a origem dos seres eucariontes, da multicelularidade e das espécies. Para tal, têm sido propostas, ao longo do tempo, diversas teorias explicativas destes processos evolutivos, apoiadas e fragilizadas por argumentos de outros ramos da biologia e da geologia.

Para dar resposta ao problema desta investigação, a intervenção letiva proposta incluiu a execução de atividades práticas de natureza diversa. Foi privilegiado um modelo educativo centrado na construção do saber pelo próprio aluno, de acordo com a perspetiva construtivista da aprendizagem. Para tal, foram realizadas atividades de diagnóstico e de auto-avaliação, de pesquisa, de debate e de resolução de problemas. Foram ainda enfatizadas atividades em campo e em laboratório, para a recolha de dados e do tipo investigativo, respetivamente.

Os dados obtidos com estas atividades, combinados com as observações descritivas efetuadas, permitiram uma metodologia de investigação de natureza interpretativa. As considerações resultantes permitem compreender que as maiores dificuldades dos alunos referem-se às competências técnicas na execução de procedimentos experimentais, à capacidade argumentativa e de comunicação em debates, e à aplicação dos conceitos sobre evolução biológica a casos concretos. O papel auxiliador do professor, a adaptação das metodologias, das estratégias e dos conteúdos deverá ser o caminho a adotar para ajudar os alunos a ultrapassar essas dificuldades.

Posto isto, as potencialidades das atividades propostas mostraram ser superiores às suas limitações, ao nível do desenvolvimento de várias competências fundamentais não apenas num aluno de biologia e geologia, mas sim num futuro cidadão do mundo.

Palavras-chave: atividades práticas, perspectiva construtivista, potencialidades, limitações, evolução biológica.

ABSTRACT

This study was designed to reveal the strengths and weaknesses of different kinds of practical activities, in the learning processes of biological evolution, by 11th grade students, on the subject of biology and geology.

Based on this guiding-problem, it was necessary to find out the difficulties shown by the students in performing these activities, and in their use of concepts about biological evolution. Once these difficulties were detected, their reflexive analysis unveiled in which way the teacher may help their students to overcome them, when they are developing practical activities regarding evolution.

Biology and geology wishes to show the students how biodiversity can be explained. In this case, the study of biological evolution wants to explain the origin of eukaryotic beings, multicellular beings and species. To do so, there have been suggested many theories explaining the evolving processes, supported or weakened by arguments from other branches of biology and geology.

To give a response to the problem in this investigation, my intervention included performing practical activities of various nature. The educational model was centred on the student's self-constructive learning process, according to constructive perspectives. In this case, diagnostic and self-evaluating activities were developed, as well as research, debating as problem-solving activities too. There was, also, a special emphasis on field and laboratory activities, in which there was data collection and research work.

The evidence shown from these activities, combined with the descriptions in observations that took place, allowed a research methodology based on interpretation. These results made me understand that the major difficulties are related to technical knowledge in experimental proceedings, their argumentative and communicational abilities in debates, and evolution-related concepts application on real cases. Teacher's tutoring, methodology and strategies management, as well as adjusting contents to the student reality, must be the way to help student to overcome these difficulties.

This been said, the strengths of the activities developed have shown to be greater than its weaknesses, because they allowed fundamental abilities to be developed by science students and future citizens of the world.

Key-words: practical activities, constructivism, strengths, weaknesses, biological evolution.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Este relatório da prática de ensino supervisionada foi elaborado de acordo com o documento relativo às *Orientações para o desenvolvimento e elaboração do relatório da prática de ensino supervisionada*, aprovadas pela Comissão Científica dos Mestrados em Ensino, em 5 de Dezembro de 2012, o qual, por sua vez, teve por base os *Princípios Orientadores para o Mestrados em Ensino*, aprovados por Deliberação nº 5/2007 da Comissão Científica do Senado da Universidade de Lisboa, de 22 de Janeiro, e o documento *Normas para a apresentação e entrega do relatório*, de 10 de Fevereiro de 2010.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

A prática de ensino supervisionada em que assenta este relatório foi realizada no âmbito da Unidade Curricular (UC) de Iniciação à Prática Profissional IV (IPP IV), a qual integra o plano de estudos do 2º semestre do 2º ano do Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, ministrado pelo Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Neste sentido, parte do trabalho aqui mencionado foi desenvolvido ao longo do 2º Semestre do ano letivo 2014/15, nomeadamente a componente correspondente à prática de ensino supervisionada, e, posteriormente, no ano letivo seguinte de 2015/16, foi concluída a elaboração do respetivo relatório.

Este estudo foi realizado de janeiro a fevereiro de 2015, na Escola Secundária pertencente ao Agrupamento de Escolas Vergílio Ferreira, localizada na cidade de Lisboa. A orientação esteve a cargo da docente responsável pela UC de IPP IV, a Professora Doutora Cecília Galvão, com o apoio da professora cooperante da escola, Dra. Paula Serra, e da orientadora científica da área da Biologia, a Professora Doutora Ana Isabel Correia, do Departamento de Biologia Vegetal da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Esta intervenção surge no seguimento do contato direto com o contexto escolar iniciado no 1º Semestre no âmbito da UC de Iniciação à Prática Profissional III (IPP III), em particular com a turma e alunos em que será realizada a intervenção letiva, onde foram assumidas as funções do professor no que se refere à preparação e realização de aulas e à discussão e reflexão sobre elas. Esta experiência serviu como ponto de partida e apoio para a preparação do trabalho de intervenção letiva e para a identificação de questões

didáticas a serem objeto de análise mais detalhada e aprofundada na elaboração do relatório.

Para a concretização da componente de lecionação, e em articulação com a professora cooperante da escola, foi selecionada uma unidade temática do currículo da disciplina de Biologia e Geologia, do 11º ano do Ensino Secundário, de acordo com a sua incidência temática e duração compatíveis com a planificação elaborada pela escola. Assim, a intervenção letiva contemplou a preparação e lecionação das aulas previstas para a Unidade 7, cujo tema é a Evolução Biológica, bem como uma reflexão sobre as aulas lecionadas, tendo em conta a avaliação das aprendizagens dos alunos na unidade, as opções didáticas e a sua execução em aula. A duração prevista para esta unidade divide-se em vinte e um tempos de aula de quarenta e cinco minutos cada, ao longo de três semanas consecutivas.

Para a concretização da componente investigativa, foi realizada, numa fase preliminar, uma análise pormenorizada do programa de 11º ano do Ensino Secundário para a disciplina de Biologia e Geologia, no qual estão definidas, entre outros aspetos, as finalidades e objetivos da disciplina, as competências gerais a desenvolver pelos alunos, e ainda as sugestões metodológicas para o professor (Ministério da Educação, 2003).

Deste modo, foi possível compreender que esta disciplina visa promover nos alunos o reforço das capacidades de abstração, experimentação, trabalho em equipa, ponderação e sentido de responsabilidade que se consideram alicerces relevantes na Educação para a Cidadania. No que diz respeito à unidade temática em foco, pretende-se que os alunos construam um conjunto sólido de conhecimentos sobre a evolução, característica de todos os sistemas vivos e responsável pela sua ligação histórica, assim como pela unidade e diversidade da Vida, valorizando a evolução biológica enquanto processo que assegura a biodiversidade. Neste nível de ensino, os alunos deverão desenvolver competências como a abstração e o raciocínio lógico e crítico, que permitem simplificar, ordenar, interpretar e reestruturar os conhecimentos, julgar, decidir e intervir responsavelmente na realidade envolvente, com ponderação e sentido de responsabilidade. O estabelecimento de relações causa-efeito, articulações estrutura-função e a exploração de diferentes interpretações, permite-lhes confrontarem-se com o previsto e o observado, reforçando competências técnicas e tecnológicas, instrumentais no processo de ensino-aprendizagem.

É neste sentido que as sugestões metodológicas gerais visam privilegiar a abordagem global dos conceitos de forma integrada, bem como valorizar o trabalho

prático como parte integrante e fundamental dos processos de ensino e aprendizagem, podendo este ser conseguido através de atividades de natureza diversa (com recurso a papel e lápis, em laboratório ou no campo) e, ainda, desenvolver competências como a apresentação gráfica de dados, a execução de relatórios de atividades práticas, a pesquisa autónoma de informações em diferentes suportes e o reforço das capacidades de expressão escrita.

2. QUESTÕES ORIENTADORAS DA INVESTIGAÇÃO

Neste contexto, a componente investigativa subjacente à prática de ensino supervisionada foi concretizada com o objetivo de dar resposta a uma questão-problema central: “Quais as potencialidades e limitações de diferentes tipos de atividades práticas na aprendizagem dos mecanismos de evolução biológica por alunos do 11º ano do Ensino Secundário?”. Para tal, foram desenvolvidas duas questões orientadoras da investigação: “que dificuldades demonstram os alunos na execução das atividades e na aplicação dos conceitos sobre a evolução biológica?” e “como pode o professor ajudar os alunos a contornar as suas principais dificuldades, quando desenvolvem atividades práticas sobre evolução?”.

3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Este relatório encontra-se dividido em várias partes distintas.

No primeiro capítulo, é feita uma introdução ao estudo realizado, a sua contextualização, as questões orientadoras que o motivaram e a organização deste relatório.

No segundo capítulo, procede-se a um enquadramento teórico do trabalho a realizar, recorrendo a literatura de referência. Este tem como propósito proporcionar uma contextualização das questões que orientaram a componente investigativa do trabalho. Assim, em primeiro lugar, é abordado o tema da Educação em Ciência, que demarca a importância fundamental da disciplina de Biologia e Geologia para a formação pessoal dos indivíduos em estudo. Em segundo lugar, as perspetivas construtivistas de ensino-aprendizagem, que estão por base às metodologias e estratégias de ensino aplicadas. Em terceiro e último lugar, por fim, é fundamentada a importância das atividades práticas no ensino das ciências experimentais.

No terceiro capítulo, é apresentado o contexto escolar em que foi realizado o estudo, sendo caracterizada a escola, e os alunos participantes no estudo.

No quarto capítulo, é exposta a proposta didática para a realização da componente letiva da prática de ensino supervisionada, tendo em conta a unidade temática escolhida. É feita uma fundamentação científica, com um resumo dos conteúdos programáticos previstos no programa da disciplina; uma fundamentação curricular, com base nas orientações veiculadas pelo currículo e explicitando as competências a desenvolver; e por fim, uma fundamentação didática, detalhando as metodologias e estratégias implementadas, considerando as suas potencialidades educativas, os objetivos de aprendizagem e as atividades que foram desenvolvidas. É, ainda, neste capítulo, feita referência aos elementos de avaliação utilizados e, por fim, uma síntese descritiva das aulas, a sua calendarização e os sumários elaborados.

No quinto capítulo, são descritos os métodos e procedimentos utilizados, justificados à luz da estratégia de investigação pedagógica delineada, os instrumentos usados na recolha de dados e o seu processo de recolha.

No sexto capítulo, são relatados e analisados os resultados obtidos em cada aula lecionada, mais concretamente, os diários de aula, as anotações sobre os exercícios propostos, as grelhas de registo das competências práticas evidenciadas pelos alunos e de participação no debate, e os elementos formais de avaliação – ficha de registo de observações e relatórios.

O sétimo capítulo consiste num balanço reflexivo, dando inicialmente resposta às questões orientadoras da investigação. Com base nestas, são então realizadas considerações sobre a questão-problema central deste trabalho investigativo, bem com considerações finais sobre a minha experiência nesta intervenção letiva.

Para concluir, são apresentadas as referências bibliográficas citadas ao longo do texto deste trabalho, que o sustentam e fundamentam. Os documentos elaborados por mim¹ - planificação a curto prazo (planos de aula) e questionários - são apresentados como apêndices. Por fim, são incluídos os anexos, nomeadamente os documentos da escola cooperante com a grelha da avaliação da componente prática e a pauta de final de período, bem como as normas para a realização de relatórios.

¹ Após ponderação, decidi escrever certas partes deste relatório utilizando a conjugação verbal na primeira pessoa do singular no presente do indicativo, pois demonstra a minha análise reflexiva e a minha experiência pessoal. Tal como defendeu Sales (2009) “no caso de uma escrita apropriada, na primeira pessoa do singular, o autor se posicionaria frente a sua problematização, tendo conhecimento que sua relação com o saber é inacabada, subjetivizada e resignificada para, a partir disto, produzir um novo conhecimento, agora assumido narrativamente por quem o produz”.

CAPÍTULO II - ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1. EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

Ciência e Sociedade desenvolvem-se, constituindo uma teia de relações múltiplas e complexas. A sociedade de informação e do conhecimento em que vivemos apela à compreensão da Ciência, não apenas enquanto corpo de saberes, mas também enquanto instituição social. Questões de natureza científica com implicações sociais vêm à praça pública para discussão e os cidadãos são chamados a dar a sua opinião (Ministério da Educação, 2001b).

No percurso das disciplinas de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia, delineado pelo Ministério da Educação, desde o ensino básico ao secundário, há uma linha de pensamento transversal quanto ao seu papel na formação dos jovens e futuros cidadãos.

Importa que os jovens fiquem preparados para enfrentar com confiança as questões científico-tecnológicas que a sociedade lhes coloca, que sejam capazes de ponderar criticamente os argumentos em jogo, de modo a formularem juízos responsáveis e, assim, participarem nos processos de tomada de decisão (Ministério da Educação, 2004).

Assim, a educação em Ciência deve assumir particular relevância na formação dos alunos, no sentido de se promover o desenvolvimento de competências que lhes permitam participar ativamente, de modo responsável e fundamentado, em debates públicos ou na resolução de problemáticas de cariz científico e tecnológico (Cachapuz, Praia, & Jorge, 2004). Desta forma, a educação em Ciência participa ativamente na construção de cidadãos mais informados, responsáveis e intervenientes, conduzindo a uma mudança de atitudes por parte do cidadão e da sociedade em geral. Em suma, o essencial é o desenvolvimento de uma literacia científica sólida, que nos auxilie a compreender o mundo em que vivemos, identificar os seus problemas e entender as possíveis soluções de uma forma fundamentada (Ministério da Educação, 2003).

O termo “literacia científica” surge frequentemente associado aos objetivos da educação em ciências. O Programa Internacional de Avaliação de Alunos (*Programme for International Student Assessment* - PISA), da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) apresenta a conceção de literacia científica de uma forma bastante ampla:

“A literacia científica é a capacidade de usar o conhecimento científico, de identificar questões e de desenhar conclusões baseadas na evidência, por forma a compreender e a ajudar à tomada de decisões sobre o mundo natural e das alterações nele causadas pela atividade humana.” (OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, 2003, p. 133)

Em Portugal, a Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei n.º 49/2005), no seu artigo 9.º preconiza os objetivos do ensino secundário, entre os quais se destaca:

i) assegurar o desenvolvimento do raciocínio, da reflexão e da curiosidade científica e o aprofundamento dos elementos fundamentais de uma cultura humanística, artística, científica e técnica que constituam suporte cognitivo e metodológico apropriado para o eventual prosseguimento de estudos e para a inserção na vida ativa;

ii) fomentar a aquisição e aplicação de um saber cada vez mais aprofundado assente no estudo, na reflexão crítica, na observação e na experimentação;

iii) criar hábitos de trabalho, individual e em grupo, e favorecer o desenvolvimento de atitudes de reflexão metódica, de abertura de espírito, de sensibilidade e de disponibilidade e adaptação à mudança.

As exigências prescritas na legislação estão em consonância com um mundo em constante mudança, com o aumento de requisitos dos mercados de trabalho, que leva a que o ser-se “competente” para um dado trabalho, há poucas décadas, pode requer hoje uma especificidade muito maior das ditas competências (Roldão, 2008).

Por este motivo, o estudo das Ciências, não deve ser “apenas pensado e dirigido para alunos que possam seguir uma carreira profissional nestas áreas, mas também para indivíduos a quem a sociedade exige, cada vez mais, uma participação crítica e interventiva na resolução de problemas baseados em informação e métodos científicos” (Ministério da Educação, 2001a). Além de ensinar conteúdos, compete ao professor tornar os alunos capazes de refletir criticamente sobre temáticas de

discussão nacional e internacional, relacionando-as com problemas vivenciados pelos mesmos.

Neste sentido, é já amplamente reconhecido que o papel dos professores deixou há muito de ser o de um mero transmissor de conhecimentos: “no atual contexto de desenvolvimento científico e tecnológico será impraticável e contraproducente que o ensino vise apenas transmitir aos alunos conhecimentos específicos de forma massiva, esquecendo que a sua principal função é contribuir para a educação geral dos cidadãos (Ministério da Educação, 2001a, p. 65).

“Os currículos existem não só como documentos mas, fundamentalmente, como exemplificação de um conjunto de acontecimentos e situações em que alunos e professores partilham conteúdo e significado. O currículo é o que professores e alunos vivem, pensando e resolvendo problemas sobre objetos e acontecimentos tornados familiares. As experiências vividas no contexto da escola e da sala de aula devem levar à organização progressiva do conhecimento e à capacidade de viver democraticamente. Dá-se, assim, legitimidade ao conhecimento prático pessoal do professor, à gestão do conteúdo e ao seu papel como construtor de currículo. (Ministério da Educação, 2001b).”

De facto, é na sala de aula que professores e alunos têm a oportunidade de trocar conhecimentos, de construir um processo de ensino-aprendizagem sólido e coletivo, ultrapassando a mera transmissão-aquisição dos conteúdos (Moraes, 1998).

2. PERSPETIVA CONSTRUTIVISTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM

A construção do conhecimento é um processo contínuo, independente da idade, fortemente influenciado pelo contexto em que o indivíduo se insere e pelos seus pares, e requer esforço e envolvimento por parte do mesmo (Galvão, Reis, Freire, & Faria, 2011).

Segundo esta perspetiva construtivista, o aluno deixa de ser um agente passivo de receção dos conhecimentos transmitidos pelo professor e passa a ser um indivíduo ativo e interveniente, responsável pela sua própria aprendizagem. Neste contexto, cabe ao aluno o desenvolvimento de competências metacognitivas que lhe permita organizar e orientar a sua aprendizagem (Paiva & Gaspar, 2005). Cabe ao

professor (e à escola) promover ambientes que favoreçam a vivência de estratégias colaborativas. Deste modo, os alunos, que estão no centro da aprendizagem, poderão desenvolver a sua autonomia, partilhando a sua compreensão sobre os problemas, negociando soluções, tomando decisões, enfim, construindo o seu conhecimento (Bettencourt, 1997).

O professor, por sua vez, deve considerar no exercício da sua função o aluno como sujeito de múltiplas relações, que por estar em processo de formação, deve ser considerado na sua totalidade. Assim, deve assegurar ao educando uma formação crítica, capaz de levá-lo a refletir sobre temáticas quotidianas e interferir positivamente em seu meio e, sobretudo, em sua vida para transformá-la (Freire, 2009).

Com base nisto, o modelo educativo subjacente ao ensino da Ciência deve ser centrado nos alunos, isto é, os processos de ensino-aprendizagem devem ter em conta os conhecimentos prévios e as vivências dos educandos. Aos professores, conhecedores de tais realidades, cabe selecionar os contextos e os processos mais apropriados para que os fins sejam atingidos. Em última análise, “fundamental será promover aprendizagens significativas”, “criar ambientes de ensino e de aprendizagem favoráveis à construção ativa do saber e do saber fazer”, pretendendo-se levar o aluno a construir “um sistema de valores que lhes permita selecionar e assumir, em liberdade, as atitudes que considerem mais relevantes para a sua própria vivência” (Ministério da Educação, 2001a, pp. 4-66).

No seu dia-a-dia de trabalho, o professor pode frequentemente deparar-se com dificuldades na opção por um determinado método de ensino e aprendizagem, derivadas das suas concepções, preferências ou obrigações pelo cumprimento dos currículos, vistos em geral como muito extensos (Veiga, 2010-2011, no prelo). A gestão de conteúdos e as atividades propostas tem, naturalmente, a ver com os métodos de ensino utilizados, mais expositivos ou mais por descoberta orientada, consoante o modelo de educação subjacente.

Aprendizagem por questionamento (inquiry-based)

Por um lado, a aprendizagem por questionamento defendida por Bruner (1986) afirma que a aprendizagem ocorre por descoberta, segundo um modelo indutivo, em que o aluno constrói o seu próprio conhecimento. Esta é tipicamente a aprendizagem realizada quando o aluno elabora trabalhos de pesquisa, que passam pelo envolvimento dos alunos no processo de descoberta (intuição, *insight*) e no uso

das metodologias científicas, levando o aluno a descobrir aquilo que se lhe quer ensinar. A incorporação da nova informação num sistema hierárquico de conceitos, do simples, do concreto e do particular, para o complexo, o abstrato e o geral.

Para isso, o professor pode recorrer a três tipos de representação: a representação motora (ou executiva, em termos de ações concretas, experiências com objetos); a representação icónica (em termos de imagens dos objetos); e a representação simbólica (em termos de linguagem e abstração). É importante proceder à identificação dos temas a ensinar que tenham a ver com as vivências dos alunos e que, naturalmente, estejam ajustados ao seu nível etário. A situação a criar na sala aula deve levar os alunos a colocar questões e a enunciar um problema a resolver, que conduza à ação e estimula o raciocínio dos alunos (Veiga, 2010-2011, no prelo).

Aprendizagem significativa

Por outro lado, a teoria da aprendizagem significativa, defendida por Ausubel (1978), propõe um método de ensino partindo de conceitos gerais para conceitos específicos. A exposição teórica dos conteúdos programáticos pretende desenvolver uma aprendizagem por receção verbal, na qual o saber é apresentado ao aluno por comunicação direta, organizado numa sequência de ideias em pirâmide de forma dedutiva. A aprendizagem deverá ocorrer através da colocação da nova informação num sistema hierárquico de conceitos (mapa de conceitos), com o conceito sobresumidor no topo, do qual vão derivando níveis de conceitos cada vez mais restritos. Assim, ocorre uma reorganização da estrutura cognitiva, pela compreensão das semelhanças e das diferenças entre o que já se conhece e a nova informação, desde que esta contenha elementos capazes de se relacionarem com aquilo que o aluno já sabe - chamados *organizadores prévios* (pontes cognitivas). Caso isto não aconteça, ocorre uma aprendizagem mecânica, memorizada, não compreendida. Os organizadores prévios podem assumir várias formas: definição de um conceito mais amplo (palavra-chave) que abrange a informação posterior; apresentação de pequenas frases que informam acerca dos pontos principais a serem desenvolvidos na aula; definição de objetivos a serem atingidos; e apresentação de metáforas ou comparações.

No ensino, são valorizados aspetos como: fazer revisões; administrar testes diagnósticos (no começo do ano, por exemplo); utilizar a exposição verbal significativa; recorrer a material de apoio (figuras, objetos familiares aos alunos); apresentar organizadores prévios e conceitos sub-ordenados (destacando

semelhanças e diferenças); seguir o método dedutivo; estimular a interação professor-alunos (o professor vai fazendo perguntas) e alunos-alunos (trabalho de grupo); fazer sistematizações da informação (resumos, esquemas, gráficos e quadros); e apelar à não memorização (levar os alunos a definirem os conceitos por palavras suas, a explicarem uns aos outros o que aprenderam) (Veiga, 2010-2011, no prelo).

3. ATIVIDADES PRÁTICAS

De fato, o ensino atual segue a perspectiva construtivista, que considera o conhecimento como algo pessoal, cujo significado é construído pelo indivíduo através da interação entre os seus conhecimentos prévios e as novas experiências de aprendizagem. Assim, são aspetos essenciais da prática educativa: permitir que os alunos formulem as suas hipóteses; proporcionar investigações desafiadoras que gerem possibilidades, tanto corroboradoras quanto contraditórias; incentivar a abstração reflexiva como força dinamizadora da aprendizagem, na medida em que, através dela, os alunos organizam, generalizam e criam sentido para as experiências vivenciadas, e ainda incentivar a conversação, a argumentação e a comunicação das ideias e dos pensamentos dos alunos (Fosnot, 1998).

Neste contexto, o professor deve assumir-se como dinamizador das atividades práticas dos alunos, servindo-se para esse efeito de problemas que, de início, possam suscitar o seu interesse, envolvendo os alunos no seu planeamento e realização, facilitando assim as conexões com os seus conhecimentos prévios e estruturando novos saberes. O processo de ensino deve, por isso, proporcionar aos alunos diferentes experiências educativas (trabalho de campo, comunicação de resultados de trabalhos desenvolvidos, debates, entre outros), de modo a desenvolverem competências diversificadas, de entre as quais se destacam a pesquisa autónoma de informações em diferentes suportes, a execução de relatórios de atividades práticas, sem esquecer o reforço das capacidades de expressão escrita e oral.

Estas competências são conseguidas também pelo recurso ao trabalho colaborativo entre os alunos (Dourado, 2001). De fato, a aprendizagem cooperativa é uma atividade ou estratégia que tem em conta a diversidade dos alunos dentro de uma turma onde se privilegia uma aprendizagem individualizada que só será possível se os alunos cooperarem para aprender, afastando assim a aprendizagem competitiva e individualista (Pujolàs, 2001). Para Lopes e Silva (2009, p. 4) a

aprendizagem cooperativa é uma metodologia com a qual os alunos se ajudam no processo de aprendizagem, atuando como parceiros entre si e com o professor.

Segundo as Orientações Programáticas para a Biologia e Geologia de 11^o ano, o trabalho prático deve ser valorizado como parte integrante e fundamental dos processos de ensino e aprendizagem dos conteúdos (...) e deve ser entendido como um conceito abrangente que engloba atividades de natureza diversa, que vão desde as que se concretizam com recurso a papel e lápis, às que exigem, por exemplo, uma saída de campo (Ministério da Educação, 2001a).

Com base nestes pressupostos, as atividades práticas, em foco neste estudo, podem ser definidas como “todas as atividades em que o aluno esteja ativamente envolvido (no domínio psicomotor, cognitivo e afetivo)” (Hodson, 1988). Assim, incluem trabalhos laboratoriais e de campo, os quais podem ser (ou não) atividades experimentais, mas não só. Também se consideram atividades práticas outras atividades realizadas dentro e/ou fora da sala de aula, nomeadamente, a resolução de problemas de papel e lápis, a pesquisa em diversas fontes (p. ex. biblioteca, internet, documentários, etc.) e o recurso a debates em grupos, onde os alunos desenvolvem um trabalho colaborativo.

As atividades práticas poderão ainda ser do tipo investigativo. Segundo Azevedo (2004), as atividades investigativas podem constituir oportunidades fulcrais para estimular o pensamento, o debate, a fundamentação de ideias e a aplicação dos seus conhecimentos a novas situações, promovendo uma participação dos alunos no seu processo de ensino. De acordo com a definição dada pelo Conselho Nacional de Pesquisa (*National Research Council* - NRC), as atividades investigativas são multifacetadas: envolvem observação, formulação de questões, pesquisa de conhecimentos prévios, planeamento de investigações, revisão de modelos e teorias à luz de novas evidências experimentais, utilização de ferramentas diversificadas para compilar, analisar e interpretar dados, construção de novas respostas, explicações e previsões, e ainda comunicação de resultados (National Research Council (NRC) , 1996).

A utilização das práticas de investigação nas aulas de Biologia e Geologia visa desenvolver competências para as aprendizagem em Ciência, promover o desenvolvimento do pensamento científico e motivar os alunos para a aprendizagem dos conteúdos curriculares (Carvalho, 2010). O envolvimento dos alunos em

atividades de investigação com base em situações problema, conduzindo-os à resolução de problemas abertos para pesquisarem, estudar um problema profundamente e trabalharem soluções possíveis dá-lhes uma compreensão dos procedimentos e estratégias de investigação científica, a par de uma compreensão dos conceitos científicos (Miguéns, 1999).

Adicionalmente, muitos autores salientam as potencialidades das atividades de campo, definidas como “todas as que envolvem o deslocamento dos alunos para um ambiente alheio aos espaços de estudo contidos na escola” (Fernandes, 2007, p. 22). Carbonell (2002) discute que a mente tem a capacidade de aprender e reter melhor as informações quando o corpo interage de maneira ativa na exploração de lugares, enquanto experiências onde o sujeito é passivo tendem a ter impacto de curta duração e atenuam-se com o tempo. As atividades de campo permitem o contato direto com o ambiente, possibilitando que o estudante se envolva e interaja em situações reais (Viveiro & Diniz, 2009). Assim, além de estimular a curiosidade e aguçar os sentidos, possibilita confrontar a teoria com a prática. Para além disso, uma atividade de campo permite que “o aluno se sinta protagonista de seu ensino, que é um elemento ativo e não um mero recetor de conhecimento” (De Frutos, Moreno, Soto, & Contreras, 1996, p. 15).

A utilização de diversas situações de aprendizagem, com base em trabalho prático como seja, o trabalho experimental, o trabalho laboratorial ou trabalho de campo, ao serem orientadas para o desenvolvimento de competências que requeiram o envolvimento cognitivo, irá proporcionar aos alunos um ambiente de aprendizagem em que eles sejam encorajados a explorar, a testar as suas ideias, a recolher evidências, a interpretar com base nas evidências recolhidas, a tomar decisões e a elaborar conclusões previamente desconhecidas dos alunos desenvolvendo, também, a capacidade de utilizar evidências na construção de argumentos (Leite & Esteves, 2005).

CAPÍTULO III - CONTEXTO ESCOLAR

1. BREVE CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA

A Escola Secundária de Vergílio Ferreira encontra-se localizada na Quinta dos Inglesinhos, na Rua do Seminário, entre as zonas de Telheiras e Benfica, dentro da cidade de Lisboa (Figura 1).



Figura 1 – Fotografias da fachada (A), do pátio no interior do recinto (B) e dos corredores de ligação dos diferentes edifícios (C) da Escola Secundária de Vergílio Ferreira, em Lisboa.

Fontes: (A) - <https://www.parque-escolar.pt/pt/escola/088>

(B) e (C) - <http://openbuildings.com/buildings/vergilio-ferreira-high-school-profile-42487>

Esta escola foi alvo de intervenção pela Parque Escolar e foi re-inaugurada em 2011, sendo o projeto constituído por 3 novos edifícios e levando em conta os atuais parâmetros de qualidade ambiental e de eficiência energética.

A intervenção centrou-se na reabilitação e reorganização dos edifícios existentes e na introdução de um novo edifício de entrada, que inclui os serviços administrativos e está em contacto com os edifícios que comportam a biblioteca, espaços para docentes e espaços de acolhimento a pais e encarregados de educação. Os espaços dedicados à permanência de alunos e espaços letivos distribuem-se pelos diferentes edifícios. A um dos edifícios foi feita uma extensão para que os espaços dedicados às artes e ciências experimentais pudessem responder às exigências patentes. As instalações desportivas e respetivos espaços de apoio foram igualmente alvo de remodelação.

As ligações entre os diferentes edifícios constituem leves elementos de estrutura metálica revestidos por perfis de alumínio dourados. A convergência destes elementos no bloco da entrada permite responder às exigências de acessibilidades e gera uma forte relação entre espaço interior e exterior. O efeito produzido pelo encadeamento dos perfis em torno dos vestígios de uma fonte junto ao edifício de entrada gera um ambiente que destaca a importância da centralidade dos espaços que o envolvem (Parque Escolar, s.d.).

Sendo esta escola constituída por nove blocos (de A a I), todas as aulas descritas neste relatório tiveram lugar no Bloco H, mais concretamente nas salas H001, H008 e H010 (Figura 2).



Figura 2 – Fotografia da sala H010, da Escola Secundária de Vergílio Ferreira.

Fonte: <https://www.parque-escolar.pt/pt/escola/088>

2. BREVE CARACTERIZAÇÃO DA TURMA

A turma de 11º ano da Escola Secundária Vergílio Ferreira, que será alvo de estudo, é composta por 28 alunos, nomeadamente 10 rapazes e 18 raparigas, sendo que a média de idades ronda os 16 anos. Esta é uma turma cujo comportamento geral e ritmo de trabalho é bom, mas que é heterogénea em termos de aproveitamento, sendo composta por alunos com uma média de classificações que variam de *suficiente* a *muito bom*. No final do 1º Período do presente ano letivo, na disciplina de Biologia e Geologia, a média de classificações foi de 12,5 (doze vírgula cinco) valores, sendo que dois alunos receberam uma classificação de 9 (nove) valores e dois a classificação de 18 (dezoito) valores (Anexos).

É de salientar que o meu contacto direto com esta turma se iniciou durante o 1º Período no âmbito de IPP III, pelo que no início da prática de ensino supervisionada já dispunha de pré-conceitos relativamente à dinâmica e ao comportamento dos alunos. De uma forma geral, a minha opinião da turma corresponde a um grupo de alunos interessados e motivados para a disciplina de Biologia e Geologia, participativos e atentos à Ciência e à forma como está presente no quotidiano na nossa sociedade. Apesar de ser uma turma numerosa, o que implica um esforço elevado por parte do professor em manter alguma ordem e sobretudo ritmo de trabalho, constituem um grupo recetivo e cativante para a prática do ensino, pelo que me senti desde o início e ao longo de toda a intervenção letiva muito satisfeita por lecionar Biologia e Geologia a esta turma em particular.

CAPÍTULO IV - PROPOSTA DIDÁTICA

1. FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Como já referido, a unidade temática selecionada para a concretização da prática de ensino supervisionada é a Unidade 7 - Evolução Biológica.

“Das bactérias aos morcegos, dos sapos aos pinheiros, dos melros às baleias, a diversidade do mundo vivo é tal que, quando a contemplamos, chega a ser perturbadora. Mas esta diversidade torna-se ainda mais assombrosa se pensarmos que todas as formas de vida estão unidas por uma herança comum que se iniciou na infinidade dos tempos, calcula-se que há cerca de 3800 milhões de anos.” (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

Segue-se uma referência sumariada dos conteúdos. Esta unidade encontra-se dividida em duas subunidades, sendo que abordam os seguintes temas a seguir detalhados: Unicelularidade e Multicelularidade, e Mecanismos de Evolução.

É do conhecimento geral e globalmente aceite que todos os seres vivos apresentam processos básicos de vida semelhantes, como por exemplo, serem formados por células, as quais preservam um código genético e uma constituição bioquímica comum. Mas então, como surgiu tanta diversidade de formas? Como é que a Ciência e a Sociedade têm interpretado a grande diversidade dos seres vivos? (Ministério da Educação, 2001a).

Nesta unidade, procura-se explicar a origem dos seres eucariontes, da multicelularidade e das espécies (Figura 3).

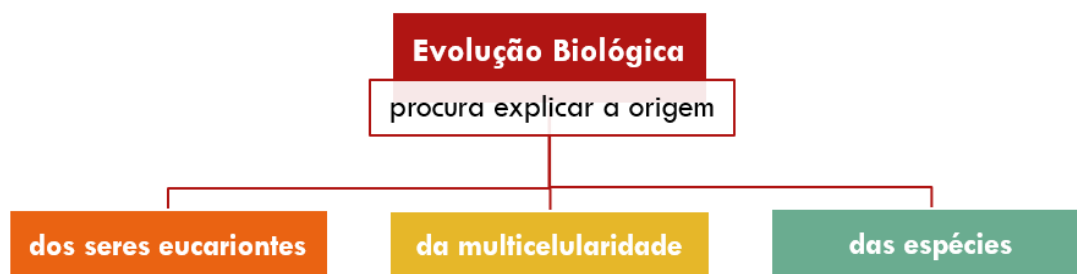


Figura 3 – Organograma geral da Unidade 7 – Evolução Biológica - versão inicial.

Fonte: Elaborado por mim.

1.1. Unicelularidade e multicelularidade

A célula não pode aumentar indefinidamente o seu tamanho. As organizações coloniais e, posteriormente, a pluricelularidade foram soluções eficazes para ultrapassar esta limitação. (Ministério da Educação, 2001a)

1.1.1. Dos seres procariontes aos seres eucariontes - modelos explicativos

Os fósseis permitem recuar no tempo para estudar os nossos antepassados. As primeiras células encontradas no registo fóssil datam de há 3,5 biliões de anos e assemelham-se aos atuais procariontes - bactérias e cianobactérias – organismos formados por uma única célula sem núcleo individualizado. No entanto, as primeiras células nucleadas só terão aparecido há 1,5 biliões de anos, o que leva a questionar o que terá acontecido entre o aparecimento dos procariontes e dos eucariontes que, no registo fóssil, surgem com um intervalo de cerca de 2000 milhões de anos? (Colégio Vasco da Gama, 2012).

Fundamentalmente, há duas hipóteses que tentam explicar a origem dos seres eucariontes: a **hipótese autogénica** e a **hipótese endossimbiótica**.

Modelo autogénico

De acordo com este modelo, os seres eucariontes são o resultado de uma evolução gradual dos seres procariontes. Numa fase inicial, as células procarióticas ancestrais desenvolveram sistemas endomembranares através de invaginações progressivas da membrana plasmática. O núcleo ter-se-á formado por porções da membrana que envolveram o material nuclear, e outras membranas evoluíram no sentido de produzir organelos semelhantes ao retículo endoplasmático. Posteriormente, algumas porções de material genético abandonaram o núcleo e terão incorporado pequenas estruturas membranares, onde evoluíram sozinhas, originando deste modo as mitocôndrias e os cloroplastos (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008) (Figura 4).

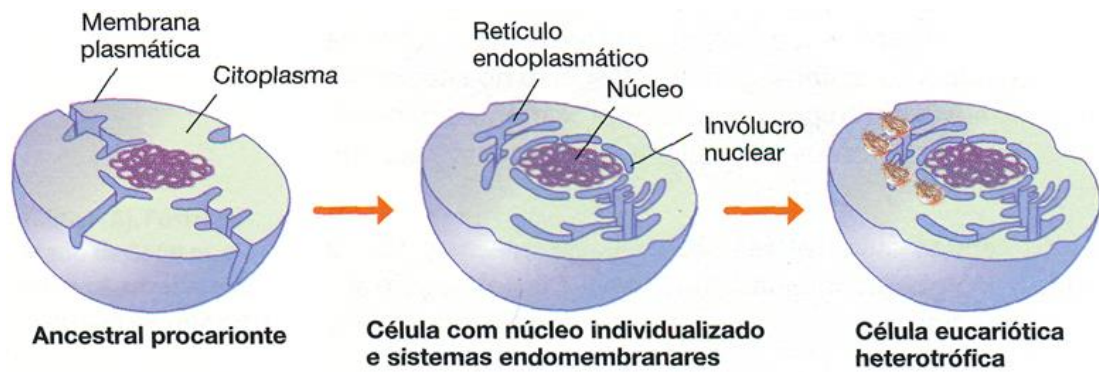


Figura 4 – Esquema exemplificativo do processo de formação da célula eucariótica, de acordo com o modelo autogénico.

Fonte: <http://www.colegiovascodagama.pt/ciencias3c/onze/biologiaunidade7.1.html>

Esta hipótese encontra alguns argumentos a favor, nomeadamente a continuidade física e semelhança estrutural entre as membranas internas e externa da célula. Por um lado, a face interna da membrana dos organitos membranares (mitocôndrias e cloroplastos) assemelha-se à face externa da membrana celular. Por outro lado, a face externa da membrana destes organitos é semelhante à face interna da membrana celular (ambas em contato com o citoplasma da célula). Este facto corrobora o modelo autogénico, pois sugere que também as membranas tiveram uma origem comum (Colégio Vasco da Gama, 2012).

Seguindo a mesma teoria, o DNA do núcleo e dos organitos deveriam ter uma estrutura idêntica. Não obstante, um forte argumento contraditório revela que o DNA mitocondrial e cloroplastidial apresenta uma maior semelhança com o das bactérias autónomas do que com o DNA do núcleo (Understanding Evolution) (Figura 5).

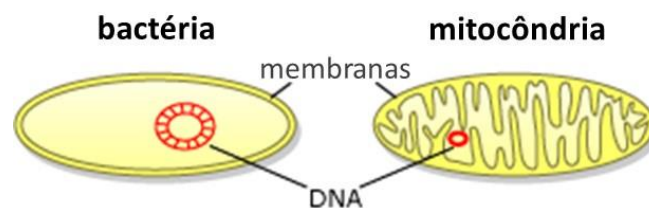


Figura 5 – Esquema comparativo da estrutura celular de uma bactéria e da estrutura organelar de uma mitocôndria, evidenciando as semelhanças ao nível da membrana e do material genético.

Fonte: http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/_0_0/endosymbiosis_04

Esta e outras observações levaram ao desenvolvimento de um outro modelo.

Modelo endossimbiótico

Esta hipótese, inicialmente proposta por Lynn Margulis em 1967 (Margulis, 1993), defende que os seres eucariontes terão resultado da evolução conjunta de vários organismos procariontes, os quais foram estabelecendo associações simbióticas entre si. A investigadora propôs que as mitocôndrias e cloroplastos seriam inicialmente organismos procariontes autônomos. Contudo, há cerca de 2100 M.a. ter-se-ão estabelecido relações endossimbióticas entre os procariontes heterotróficos aeróbios ancestrais e as células de maiores dimensões. Os procariontes heterotróficos ancestrais terão dado origem às mitocôndrias. A íntima cooperação entre estas células terá levado a uma evolução conjunta dos organismos que resultou no surgimento das células eucarióticas heterotróficas (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008) (Figura 6).

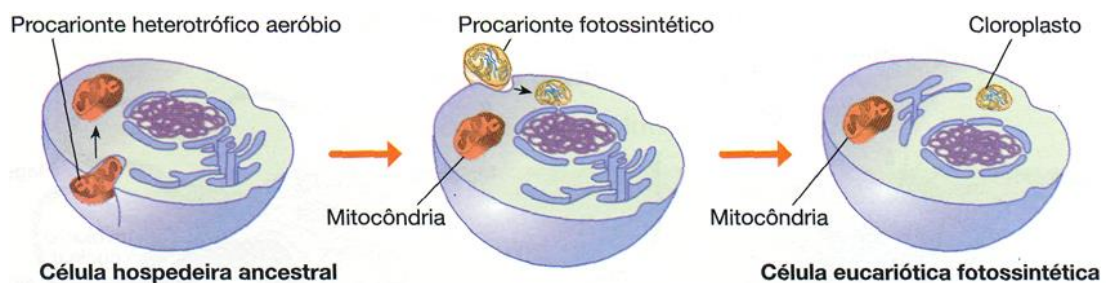


Figura 6 – Esquema exemplificativo do processo de formação da célula eucariótica, de acordo com o modelo endossimbiótico.

Fonte: <http://www.colegiovascodagama.pt/ciencias3c/onze/biologiaunidade7.1.html>

Esta cooperação torna-se vantajosa para a célula hospedeira, pois a utilização do oxigénio por parte da simbiote permite afastar o oxigénio do núcleo, impedindo assim a destruição do material genético por reação com o oxigénio. Por outro lado, o procarionte passa a ter à disposição mais oxigénio para a produção de energia.

É de salientar o carácter sequencial com que as associações foram tendo lugar. De facto, nem todas as células apresentam cloroplastos. Mas todas têm mitocôndrias. Esta situação explica-se pela sequencialidade com que as associações foram ocorrendo. Inicialmente a associação terá ocorrido com os ancestrais das mitocôndrias. Só posteriormente algumas células (já com mitocôndrias) teriam estabelecido novas relações endossimbióticas, desta vez com seres autotróficos fotossintéticos, que terão vindo a originar os cloroplastos.

São vários os argumentos a favor desta teoria. De facto, as relações de endossimbiose são comuns e verificam-se em organismos atuais. Não obstante, as

grandes evidências centram-se nas semelhanças entre as mitocôndrias, os cloroplastos e as bactérias atuais. Além de terem forma e tamanho aproximado, a estrutura membranar e os sistemas de transporte através da membrana também são análogos (Silva G. M., 2011) (Figura 7).

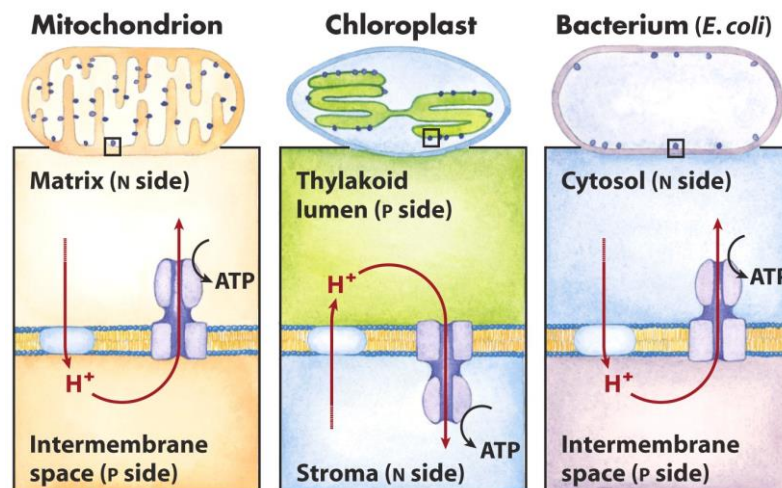


Figura 7 – Esquemas comparativos das estruturas membranares e dos sistemas de transporte através das membranas.

Fonte: <http://nlhawksapbiology.weebly.com/chapter-10.html>

A divisão celular, tanto em bactérias como em mitocôndrias, ocorre por **bipartição** (Figura 8).

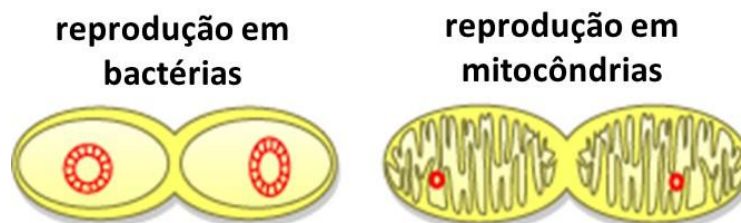


Figura 8 – Esquema comparativo do método de reprodução de uma bactéria e de uma mitocôndria, evidenciando as semelhanças ao nível do processo de divisão.

Fonte: http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0/endosymbiosis_04

Para além disso, também partilham características do material genético, ao nível da estrutura e do seu processamento: contêm ribossomas e DNA circular (sem histonas) com estrutura semelhante, são capazes de sintetizar as suas próprias proteínas e de se dividir de forma independente do núcleo da célula; partilham ainda o aminoácido iniciador da cadeia polipeptídica - formil-metionina.

Adicionalmente, a sensibilidade a antibióticos que inibem a síntese proteica difere do DNA nuclear para o DNA destes organitos. São exemplo, a cicloheximida, que inibe a síntese de proteínas no núcleo mas não afeta a atividade do DNA mitocondrial ou cloroplastidial; e a estreptomicina e o cloranfenicol, que inibem a síntese proteica nestes organitos (e em bactérias) mas não interferem na atividade nuclear

Contudo, tal como foi proposta inicialmente por Lynn Margulis, esta teoria não esclarece a origem do núcleo e dos restantes organitos endomembranares. Além disso, também não explica como o DNA nuclear controla a expressão de alguns genes do cloroplasto e da mitocôndria (certas proteínas destes organitos estão codificadas no núcleo) (Colégio Vasco da Gama, 2012).

Por esta razão, alguns investigadores propõem conciliar estes dois modelos, defendendo que os sistemas endomembranares e o núcleo tenham resultado de invaginações da membrana plasmática, tal como defende a hipótese autogénica, e que as mitocôndrias e os cloroplastos terão tido origem em relações de endossimbiose, tal como defende a hipótese endossimbiótica (BioGeoLearning) (Figura 9).

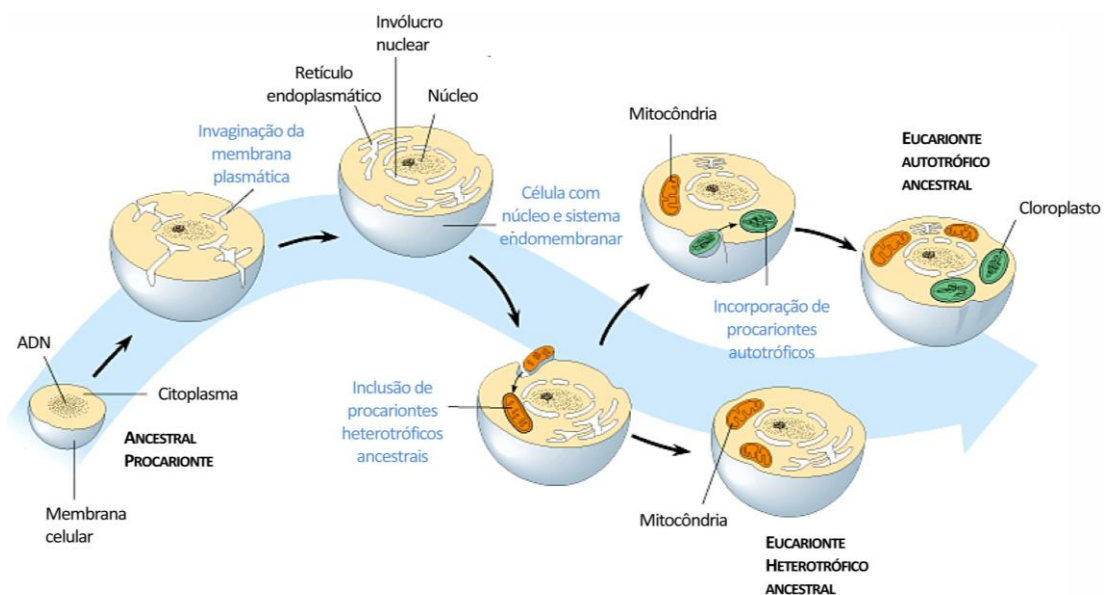


Figura 9 – Esquema exemplificativo da conjugação dos dois modelos autogénico e endossimbiótico.

Fonte: <http://biogeolearning.com/site/v1/biologia-11o-ano-indice/evolucao-biologica/origem-das-celulas-eucarioticas/>

Deste modo, a formação do invólucro nuclear teria precedido a incorporação dos ancestrais das mitocôndrias. A espécie *Pelomyxa palustris*, é uma evidência que

corroborar esta hipótese. Esta ameba, de grandes dimensões, com vários núcleos individualizados, não apresenta retículo endoplasmático, aparelho de Golgi, mitocôndrias ou centríolos; alimenta-se de algas e de bactérias e possui três tipos de bactérias endossimbióticas, com metabolismo análogo ao das mitocôndrias (Colégio Vasco da Gama, 2012) (Figura 10).

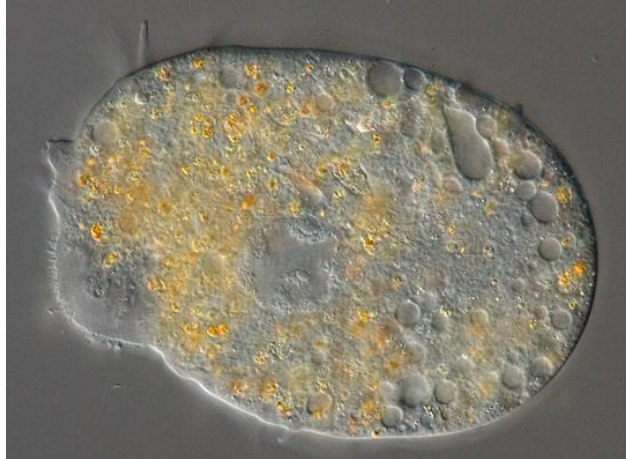


Figura 10 – Fotografia microscópica da ameba *Pelomyxa palustris*.

Fonte: <http://www.penard.de/Explorer/Amoebozoa/Archamoebae/>

1.1.2. Origem da multicelularidade

“Os seres vivos não ocuparam a Terra pela força, mas pela cooperação” (Margulis, 1993).

Com a evolução para a estrutura eucariótica, as células aumentaram de tamanho e também as suas potencialidades metabólicas. Contudo, verifica-se que à medida que o tamanho aumenta, a relação entre a área e o volume diminui, isto é, **a área aumenta menos do que o volume**. Por isso, apesar do aumento de volume, o aumento de superfície correspondente continuava a ser insuficiente para as células conseguirem realizar com eficácia as trocas com o meio. Alguns seres unicelulares adaptaram a sua forma, otimizando a superfície de contacto com o meio exterior; deste modo, reduziram o seu metabolismo e diminuíram a necessidade de trocas com o meio (como a alga *Acetabularia*) (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008) (Figura 11).



Figura 11 – Esquema e fotografia da alga unicelular *Acetabularia* sp.

Fonte: (A) adaptada de http://bac10-11.blogspot.pt/p/blog-page_30.html

(B) http://deptsec.ku.edu/~ifaaku/jpg/Inouye/D-Acetabularia_ryukyuensis_5.jpg

Outros, por sua vez, estabeleceram relações funcionais com seres da mesma espécie, formando colónias ou agregados coloniais. Desta forma, aumentando o número de células, mesmo que ocupem o mesmo volume, a área de contacto das células com o exterior aumenta exponencialmente, garantindo as trocas com eficiência. Os seres coloniais, como é o caso do *Volvox*, terão sofrido uma evolução ao longo do tempo. Inicialmente, todas as células da colónia desempenhavam a mesma função. Ao longo do tempo, algumas células ter-se-ão especializado em determinadas funções, aumentando a sua eficiência e possibilidade de sobrevivência (Colégio Vasco da Gama, 2012) (Figura 12).

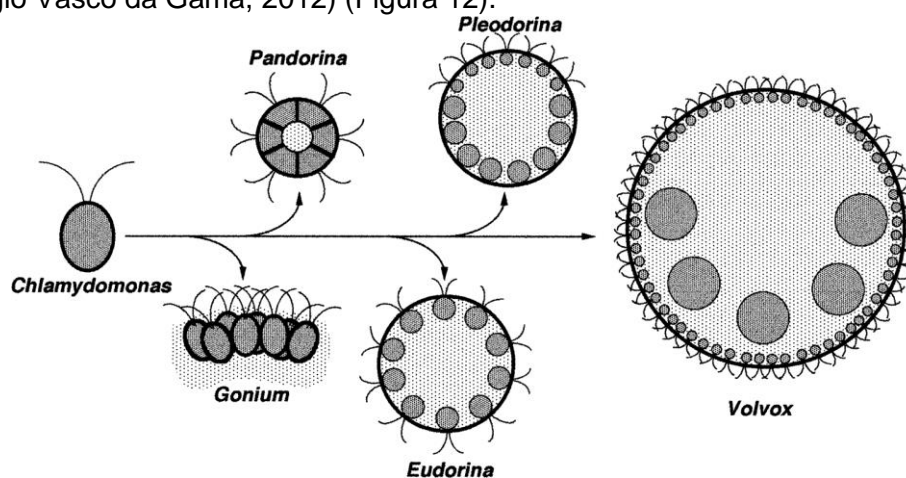


Figura 12 – Esquema exemplificativo da evolução de uma colónia *Volvox* sp.

Fonte: <http://icb.oxfordjournals.org/content/43/2/247/F3.expansion>

Estas colónias são formadas por microalgas verdes, com 500 a 50 mil células biflageladas, sendo que as células maiores têm como função a reprodução, o que indicia uma incipiente especialização celular. São os flagelos das células da camada externa que permitem o movimento da colónia. Cada célula é autossuficiente; no entanto, tendem a unir-se por prolongamentos citoplasmáticos e bainhas gelatinosas, formando uma esfera oca. Apesar de *Volvox* ser constituído por várias células estruturalmente interdependentes pois estão ligadas entre si, sob o ponto de vista funcional não ocorreu diferenciação já que as células são todas semelhantes.

Deste modo, apesar deste aumento gradual de complexidade e de interligação entre as suas células, os organismos coloniais não constituem seres pluricelulares, uma vez que a diferenciação celular não existe. Pensa-se que os seres coloniais podem ter estado na origem das algas verdes pluricelulares, algumas das quais evoluíram mais tarde para plantas. Um argumento a favor desta hipótese é a existência de clorofila a, b e de amido como substância de reserva nas algas verdes e nas plantas (BioGeoLearning).

Admite-se que os primeiros seres multicelulares tenham surgido devido ao aumento da especialização celular e complexificação das colónias, a par da cada vez maior interdependência dos seus constituintes. Nas associações coloniais mais complexas, verifica-se que existe comunicação entre as células, coordenação das atividades celulares e divisão de tarefas. A especialização e a cooperação permitem que as células se combinem num organismo que, como um todo possui mais capacidades que o simples somatório das partes que o constituem. No entanto, os primeiros seres vivos multicelulares eram constituídos por células com um reduzido grau de diferenciação, como é o caso da esponja do mar. Só posteriormente as células foram adquirindo um grau de especialização cada vez maior (Colégio Vasco da Gama, 2012).

De seguida resumem-se as principais vantagens da multicelularidade:

- Utilização da energia mais eficaz - a diferenciação celular e consequente especialização de funções permitiu a redução do metabolismo celular;
- Aumento de tamanho - favorável para a competição pelo território e pelo alimento;

- Maior diversidade de formas como resultado da especialização e diversificação celular, o que permite uma melhor adaptação a diferentes ambientes;
- Maior complexidade e interação entre os sistemas de órgãos permite uma maior independência do organismo face ao meio externo, facilitando a regulação do meio interno (BioGeoLearning).

Contudo, as células mais internas passaram a ter muito mais dificuldade em ter acesso ao alimento e em eliminar as suas excreções pois deixaram de ter contacto com o meio externo. A solução foi o desenvolvimento de sistemas de transporte e sistema nervoso, que ajudam as células internas a ter contacto com o meio externo (ainda que indireto) e à coordenação do organismo, respetivamente. A multicelularidade implica que as várias células que constituem o ser apresentam uma especialização morfológica e funcional, e uma interdependência de tal ordem que não é possível a sobrevivência de uma célula isolada do organismo. Essas células diferenciadas e especializadas agrupam-se em tecidos, órgãos e sistemas (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

A multicelularidade tornou-se vantajosa ao longo da evolução das espécies (Figura 13).



Figura 13 – Esquema e imagens representativas do processo evolutivo desde os seres procariontes unicelulares aos seres eucariontes multicelulares.

Fonte: <http://biogeolearning.com/site/v1/biologia-11o-ano-indice/evolucao-biologica/origem-da-multicelularidade/>

Uma maior especialização celular permite uma maior rentabilização do uso da energia. Desta forma, os seres vivos podem apresentar maiores dimensões sem comprometer as trocas com o meio externo, graças à formação de sistemas de órgãos que contribuem para a homeostasia do meio interno. A multicelularidade também veio originar uma grande diversidade de formas nos seres vivos, consoante

a sua adaptação a diferentes ambientes e permitir uma defesa mais eficaz contra os predadores (Colégio Vasco da Gama, 2012).

Em suma, os conceitos-chave mencionados nesta primeira subunidade encontram-se esquematizados no organograma inicialmente apresentado (Figura 14).

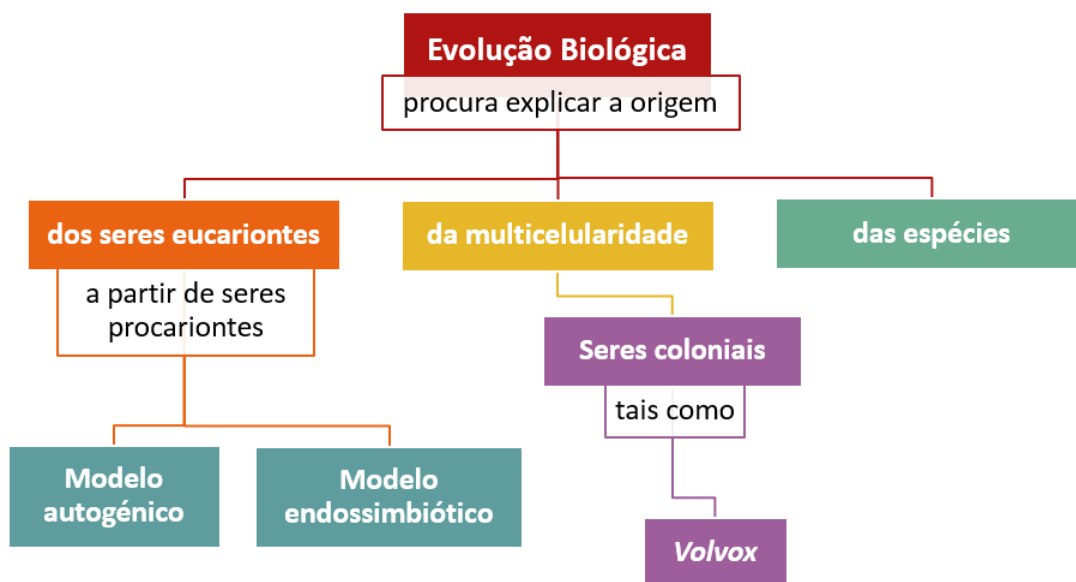


Figura 14 – Organograma geral da Unidade 7 – Evolução Biológica - conceitos-chave da subunidade 1. Unicelularidade e Multicelularidade.

Fonte: elaborado por mim.

1.2. Mecanismos de evolução

Não há consenso sobre as causas da diversidade dos seres vivos. As teorias evolutivas explicam essa diversidade pela seleção dos organismos mais adaptados, razão pela qual as populações se vão modificando. (Ministério da Educação, 2001a)

A grande diversidade de formas de vida é algo que não nos passa despercebido. Ao longo da história, várias foram as tentativas de explicação desta grande diversidade, influenciadas por princípios religiosos, filosóficos e culturais (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

Atualmente, a explicação mais aceite para a Biodiversidade é a evolução biológica, isto é, a na mudança das características hereditárias numa população, ao longo das gerações. Numa perspetiva de longo prazo, a Evolução é a descendência, com modificações, de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns (Pazza,

2004). Contudo, esta perspectiva ainda hoje não é consensual. Em alguns estados norte-americanos, por exemplo, a evolução é ainda referida como uma mera curiosidade.

1.2.1. Fixismo vs Evolucionismo

As teorias são um produto da mente humana... surgem como resultado de um conjunto de vivências de acontecimentos e de conhecimentos que indivíduos questionadores e motivados experimentam. (Correia, 2015).

As primeiras tentativas de explicação da biodiversidade são fixistas e, até meados do século XIX, esta foi a teoria predominante. Segundo o **Fixismo**, as espécies surgiram sobre a Terra, cada qual já adaptada perfeitamente ao ambiente onde foi criada, não havendo necessidade de mudanças e por isso permanecendo imutáveis (fixas). Assim, foram criadas independentemente umas das outras, não havendo um antepassado comum.

A partir do século XIX surgiram as teorias evolucionistas que se mantêm as mais aceites até aos dias de hoje: as espécies atuais são o resultado de lentas e sucessivas transformações sofridas pelas espécies do passado (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008) (Figura 15).

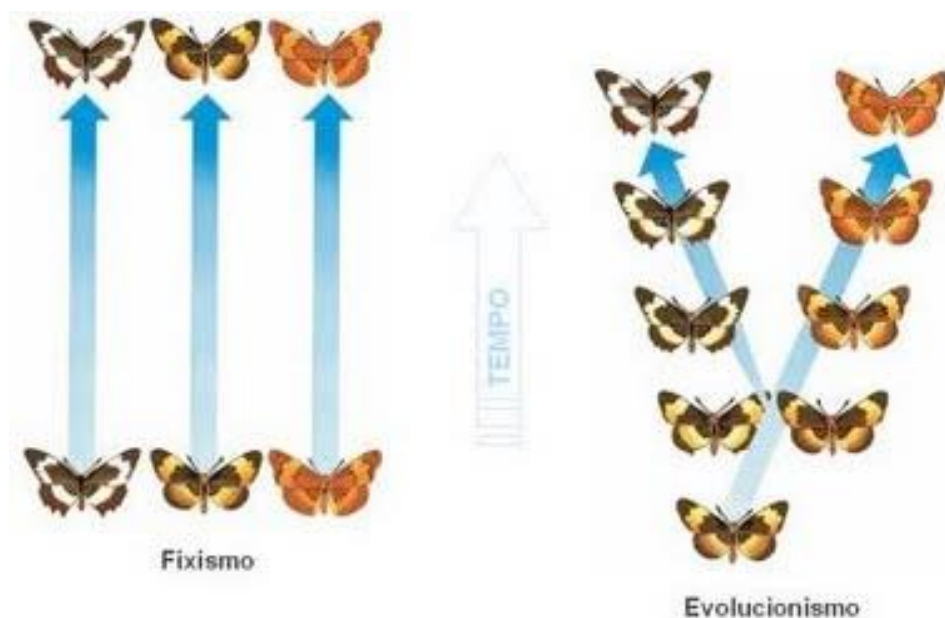


Figura 15 – Esquema exemplificativo da evolução das espécies ao longo do tempo, de acordo com o Fixismo ou Evolucionismo.

Fonte: <http://biogeolearning.com/site/v1/biologia-11o-ano-indice/evolucao-biologica/fixismo-vs-evolucionismo/>

De entre as teorias fixistas tiveram especial importância o Criacionismo, o Espontaneísmo e o Catastrofismo.

O Criacionismo defendia que todos os seres vivos tinham sido obra divina e que por isso eram perfeitos e não precisavam de sofrer alterações; o aparecimento de novas espécies e a extinção eram impensáveis. Segundo o Espontaneísmo, os organismos podem surgir a partir de uma massa inerte segundo um princípio ativo (p. ex., nascer um rato da combinação de uma camisa suja e de um pouco de milho). Por seu lado, Cuvier (séc. XIX), que defendeu o Catastrofismo, estudou detalhadamente os registos fósseis e conciliou as suas conclusões com as suas convicções religiosas. Segundo ele, foi devido à ocorrência de catástrofes naturais que desapareceram determinados seres vivos (glaciações, dilúvios...), e, posteriormente, outras espécies teriam povoado esses locais desabitados (BioGeoLearning). Não obstante, com o estudo sistemático do registo fóssil, as ideias fixistas começam a ser seriamente colocadas em causa.

Lineu (1707-1778) foi um botânico e zoólogo sueco que se dedicou à descrição e estudo sistemático de espécies animais e vegetais. Era defensor das teorias fixistas, contudo, ao longo dos seus trabalhos, foi percebendo que havia variações entre indivíduos da mesma espécie, e das relações de parentesco entre os seres vivos de espécies diferentes. Com base nas diferenças e semelhanças, criou um sistema de nomenclatura, em 1735, a nomenclatura binomial, segundo a qual o nome científico de cada espécie passou a ser composto por dois termos, em latim: o nome do género e o respetivo restritivo específico (Martins-Loução & A., 2007)

Vários foram os cientistas que contribuíram com dados para explicar a diversidade da vida de uma perspetiva evolucionista. Contudo, os nomes que mais se destacam são os de Lamarck e Darwin, sobre os quais nos debruçaremos mais em pormenor.

Lamarckismo

Jean Baptiste Pierre Antoine Monet, cavaleiro de Lamarck, propõe a primeira explicação coerente acerca dos mecanismos de evolução. Lamarck foi um naturalista francês que trabalhou como botânico ao serviço do rei no Jardim Botânico de Paris. É aqui que desenvolve os seus trabalhos em taxonomia e foi através do estudo de conchas fossilizadas de espécies de invertebrados marinhos extintos que Lamarck concluiu que as espécies deviam evoluir, isto é, transformar-se, ao longo do tempo.

Assim, os organismos complexos originaram-se progressivamente, a partir de outros mais simples. Em 1809, publica o livro "Phisolophie Zoologique", onde expõe as suas ideias acerca do mecanismo de evolução (BioGeoLearning).

Segundo Lamarck, a principal causa que leva à modificação dos seres vivos é o ambiente, nomeadamente pela necessidade de adaptação. Os seres vivos teriam um impulso interior que lhes permitiria adaptarem-se sempre que fossem pressionados por alguma necessidade imposta pelo ambiente. O uso ou desuso de determinados órgãos por parte do indivíduo farão com que estes se desenvolvam ou atrofiem, provocando uma modificação que é transmitida à descendência. Assim, as ideias de Lamarck para explicar a existência da evolução podem resumir-se em dois princípios fundamentais: lei do uso e desuso – em resposta às solicitações do ambiente, os organismos adquirem ou perdem determinadas características e essas alterações são transmitidas à descendência – lei da herança dos caracteres adquiridos (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

De acordo com a Lamarck, a evolução de uma espécie processa-se da seguinte forma:

- A alteração do meio faz com que os seres tenham novas necessidades adequadas às novas condições;
- Os seres alteram o seu comportamento para fazer face às alterações;
- A modificação do comportamento faz-se utilizando mais ou menos os órgãos que possui. O uso repetitivo de órgãos ou partes do corpo faz com que estes se desenvolvam. Se o órgão, pelo contrário, passa a ser menos utilizado, atrofia (lei do uso e desuso);
- As alterações adquiridas pelo uso ou desuso dos órgãos serão depois transmitidas aos descendentes. Ao fim de muitas gerações, toda a espécie apresenta as alterações (Dias, 1996) (Figura 16).



Figura 16 – Esquemas representativos do exemplo do desenvolvimento do pescoço das girafas, de acordo com a teoria de evolução das espécies de Lamarck.

Fonte: Dias, D. P. (1996). *Biologia viva*. São Paulo: Moderna.

Apesar do papel fundamental que a teoria de Lamarck desempenhou no início do evolucionismo, algumas críticas foram decisivas para desqualificar alguns dos princípios, nomeadamente a lei da transmissão dos caracteres adquiridos, que provou não ser válida. A atrofia ou hipertrofia de uma estrutura adquirida durante a vida do ser vivo não é transmitida à descendência. Hoje sabe-se que apenas o material genético e as características que codifica são transmitidos à descendência. As modificações que possam ocorrer nos órgãos de um indivíduo devido à sua atividade não passam para o código genético. Nessa altura, contudo, não existiam os conhecimentos de genética atuais. Porém, em 1880 August Weismann, biólogo alemão, realizou uma experiência que provou que a teoria de Lamarck era falsa. Durante 22 gerações, cortou as caudas a casais de ratos e verificou que os descendentes nasciam sempre com cauda (Ferreira, 2008).

Darwinismo

Charles Darwin (1809-1882) foi o responsável pela Teoria da Evolução das Espécies. Foi sobretudo na famosa viagem a bordo do HMS Beagle que Darwin reuniu os principais dados que o levaram a estabelecer os princípios da Teoria da Evolução das Espécies (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

Darwin já tinha a ideia de que as espécies se vão modificando – evoluem. Contudo, as ideias evolucionistas eram claramente opostas à visão do Criacionismo que ainda vigorava na altura. Darwin, que teve uma educação religiosa, sentia um conflito interior, pois o que observava era claramente antagónico àquilo em que acreditava. Só depois da morte da sua esposa é que Darwin perde a fé em Deus, e se encontra mais à vontade para publicar o livro onde expõe as suas ideias a respeito da evolução e da forma como esta se faz – por seleção natural. Aliás, é este o conceito que melhor define a teoria de Darwin (Colégio Vasco da Gama, 2012).

Foi durante a sua viagem a bordo do Beagle que Darwin recolheu a maior parte dos dados em que se baseou para propor a sua Teoria da Seleção Natural. Contudo, para além dos dados recolhidos na viagem, Charles Darwin também se inspirou em dados vindos da Geologia, pelos trabalhos de Thomas Malthus e por outras observações que fez relativas à seleção de indivíduos para apuramento de raças (Figura 17).

DADOS	FACTOS	INTERPRETAÇÃO
Geológicos	Darwin encontrou fósseis marinhos nos Andes e fósseis de animais que já não existem hoje. Uniformitarismo e Gradualismo de Lyell - O planeta sofre transformações graduais e muito lentas	O planeta e as espécies foram sofrendo transformações ao longo do tempo. A Terra é mais antiga do que se pensava. Também a vida sofre alterações muito lentas. As alterações de hoje podem explicar os mesmos processos que ocorreram no passado.
Biogeográficos	Grande variedade de espécies muito semelhantes entre si (tentilhões e tartarugas) Fisionomia varia de acordo com as condições ambientais	As espécies terão tido origem no mesmo ancestral comum. O ambiente foi um factor importante na especialização das espécies
Seleção artificial	O Homem seleciona as espécies e as características conforme mais lhe convém	Também na Natureza pode ocorrer seleção de características de acordo com as condições do ambiente
Crescimento das populações	A população humana tem tendência a crescer mais do que os recursos. Isso não acontece porque os recursos são limitados.	Na Natureza a luta pela sobrevivência e competição pelos recursos é um factor decisivo na sobrevivência das espécies
Variabilidade intraespecífica	Grande variedade de seres vivos e grande variabilidade dentro das espécies	Os indivíduos podem ser selecionados de acordo com as características que os diferenciam.

Figura 17 – Tabela-resumo dos contributos de várias áreas da Biologia e da Geologia para a formulação da teoria de evolução das espécies de Darwin.

Fonte: <http://biogeolearning.com/site/v1/wp-content/uploads/2013/01/fundamentos-darwinismo.jpg>

As ideias de Darwin, para explicar a existência da evolução, podem resumir-se em dois princípios fundamentais: variabilidade intra-específica e seleção natural (Figura 18).



Figura 18 – Esquemas representativos do exemplo do desenvolvimento do pescoço das girafas, de acordo com a teoria de evolução das espécies de Darwin.

Fonte: Dias, D. P. (1996). *Biologia viva*. São Paulo: Moderna.

Segundo Darwin:

- os indivíduos da mesma espécie apresentam variações (variabilidade intra-específica), mas apenas sobrevivem os mais aptos - seleção natural;
- os indivíduos melhor adaptados a um dado meio e tempo, possuem uma vantagem competitiva, são mantidos por seleção natural e produzem mais descendentes (Dias, 1996).

A figura 19 resume as diferenças e as semelhanças entre as duas principais teorias evolucionistas.

Lamarckismo	Darwinismo
As alterações do meio criam, nos seres, a necessidade de adaptação pela mudança.	O meio efectua uma selecção natural dos seres mais aptos por eliminação dos menos aptos.
Pela exercitação preferencial de um órgão, este desenvolve-se e os outros atrofiam, pelo que o indivíduo adquire novas características, mais favoráveis ao ambiente (lei do uso e do desuso).	A população apresenta, à partida, variabilidade intra-específica que lhe confere diversidade fenotípica: alguns indivíduos apresentam características mais favoráveis que outros.
As características adquiridas pelo uso e desuso dos órgãos são herdadas pela descendência (lei da herança dos caracteres adquiridos).	Os seres mais aptos, seleccionados pela natureza, vivem mais tempo e reproduzem-se mais (reprodução diferencial), transmitindo as suas características favoráveis à descendência.
A maior ou menor adaptação de um indivíduo ao meio depende das características desse meio: quando o ambiente se altera, varia o grau de adaptação dos indivíduos e/ou populações.	

Figura 19 – Tabela comparativa dos pressupostos principais defendidos pelas teorias de evolução das espécies de Lamarck e de Darwin.

Fonte: http://auxiliarescienciatecnologias.blogspot.pt/p/biologia_9208.html

Cumulativamente, os esquemas da figura 20 pretendem, de igual forma, criar uma analogia entre estas duas linhas de pensamento.

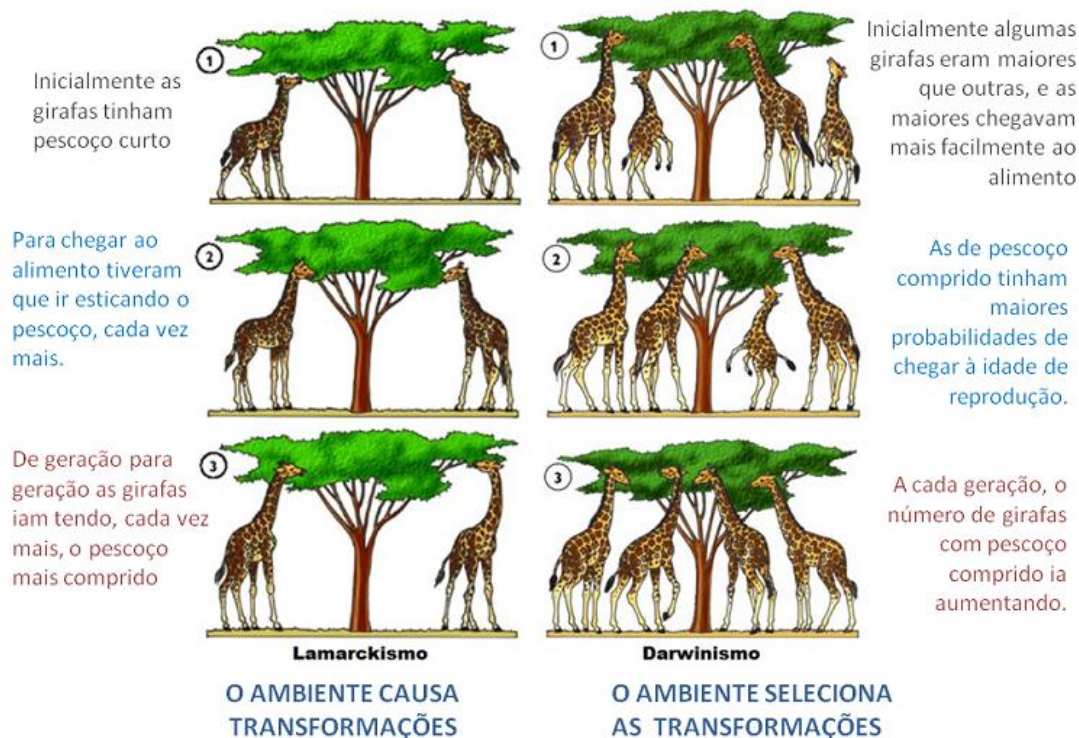


Figura 20 – Esquema comparativo dos pressupostos principais defendidos pelas teorias de evolução das espécies de Lamarck e de Darwin.

Fonte: <http://www.colegiovascodagama.pt/ciencias3c/onze/biologiaunidade7darwin.html>

1.2.2. Argumentos do Evolucionismo

O Evolucionismo, seja de Lamarck ou de Darwin, defende que o ambiente condiciona a evolução, e que a adaptação é a faculdade dos seres vivos de desenvolverem características estruturais ou funcionais que lhes permitam sobreviver e reproduzir-se em determinado ambiente (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

Desde Darwin até ao presente, os dados recolhidos por vários ramos da Biologia e da Geologia parecem confirmar o evolucionismo. Segue-se uma breve descrição de alguns dos argumentos mais pertinentes.

Argumentos de anatomia comparada

A anatomia comparada baseia-se no estudo comparado das formas e estruturas dos organismos com o fim de estabelecer possíveis relações de parentesco entre elas. Essas relações de parentesco ou filogenéticas são evidenciadas pela presença de órgãos homólogos, análogos e vestigiais.

Órgãos ou estruturas homólogas são órgãos com a mesma origem embriológica, estrutura básica e posição idêntica no organismo, mas que podem apresentar funções e aspectos diferentes. À medida que as diferentes populações se vão adaptando a diversos ambientes e nichos ecológicos e sofrendo pressões seletivas diferentes (como a seleção natural, mutação, deriva genética, entre outras), estes órgãos evoluem de forma diferente a partir de uma estrutura ancestral comum. Isto reflete uma evolução divergente. Exemplos disso são os membros anteriores dos vertebrados.

Órgãos ou estruturas análogas são órgãos que têm origem embriológica, estrutura e posição relativa diferentes, desempenhando a mesma função e adquirindo a mesma forma. Estes órgãos surgem quando espécies ancestrais diferentes colonizam habitats semelhantes, sofrendo pressões seletivas semelhantes e adquirindo adaptações semelhantes. Isto reflete uma evolução convergente e um efeito adaptativo da seleção natural. Exemplos de órgãos análogos são os espinhos dos catos e os das eufórbias (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

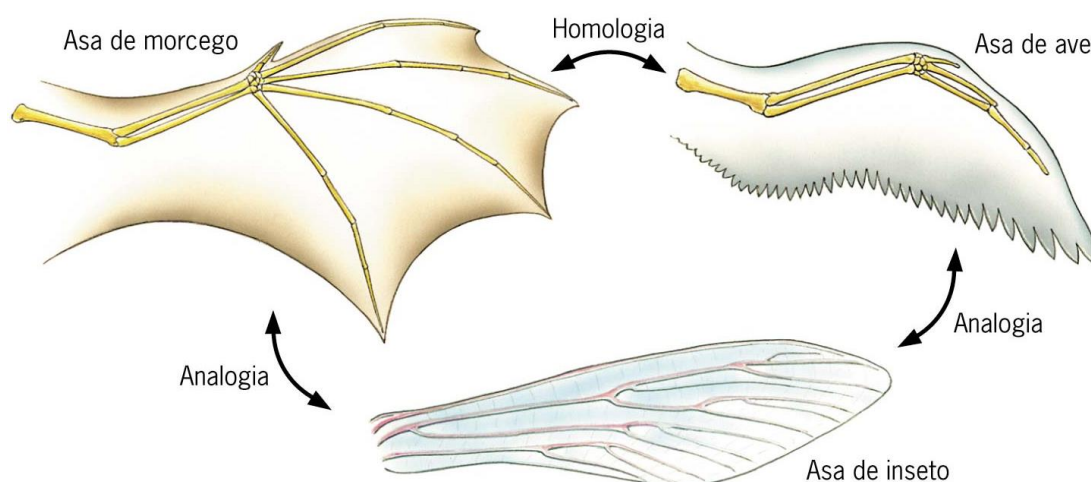


Figura 21 – Esquemas representativos de exemplos de órgãos análogos e homólogos de diferentes espécies de animais.

Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/analogia-homologia.htm>

Órgãos ou estruturas vestigiais são órgãos que resultam da atrofia de um órgão primitivamente desenvolvido. Nestes órgãos a seleção atua em sentido regressivo, privilegiando os indivíduos que possuem estes órgãos na sua forma menos desenvolvida. Exemplos destes órgãos no ser humano são: o apêndice intestinal, vértebras caudais, músculos auriculares e o dente do siso.

A existência de estruturas vestigiais evidencia que, ao contrário do que defendem os fixistas, os indivíduos de uma dada espécie não se mantiveram imutáveis, alterando-se ao longo do tempo, sendo selecionados de acordo com as condições ambientais (Colégio Vasco da Gama, 2012).

Argumentos paleontológicos

Ao estudar os fósseis confirma-se a presença de espécies extintas, o que contraria a ideia de imutabilidade das espécies (ex: dinossauros, amonites e trilobites). As descobertas de sequências de fósseis ilustram as modificações sofridas ao longo de um processo de evolução por determinados grupos, ajudando a construir as árvores filogenéticas.

Existem fósseis que possuem características que correspondem a dois grupos diferentes de organismos, sendo denominados de formas intermédias ou sintéticas. Um exemplo é o animal *Archaeopteryx* (Figura 22) que apresenta caracteres comuns aos Répteis, dentes e escamas, e às Aves, penas e asas, o que sugere a existência de antepassados comuns para diferentes grupos de seres vivos (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

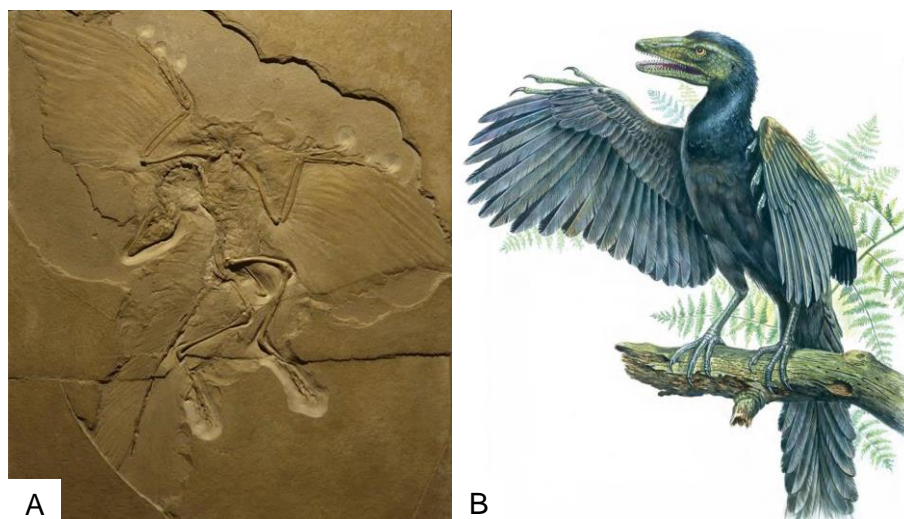


Figura 22 – Fotografia do registo fóssil (A) e representação esquemática (B) do organismo extinto *Archaeopteryx*.

Fonte: (A) <https://pt.pinterest.com/explore/evolutionary-biology/>

(B) <http://www.dinosaurusi.com/en/post/252/flying-dinosaur-pictures---archeopteryx/>

As formas sintéticas também são chamadas de transição porque terão estado na transição de um grupo para outros grupos de organismos. Estas formas permitem documentar que os organismos que hoje se conhecem não são totalmente independentes uns dos outros quanto à origem.

Argumentos embriológicos

O estudo comparado de embriões releva semelhanças nas primeiras etapas do seu desenvolvimento e estruturas comuns em embriões de diferentes grupos. Adicionalmente, sabe-se atualmente que, comparando os embriões de espécies diferentes (Figura 23), quanto mais semelhantes forem as fases do desenvolvimento embrionário, mais parecidos estes são, isto é, menor é a distância filogenética entre eles (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

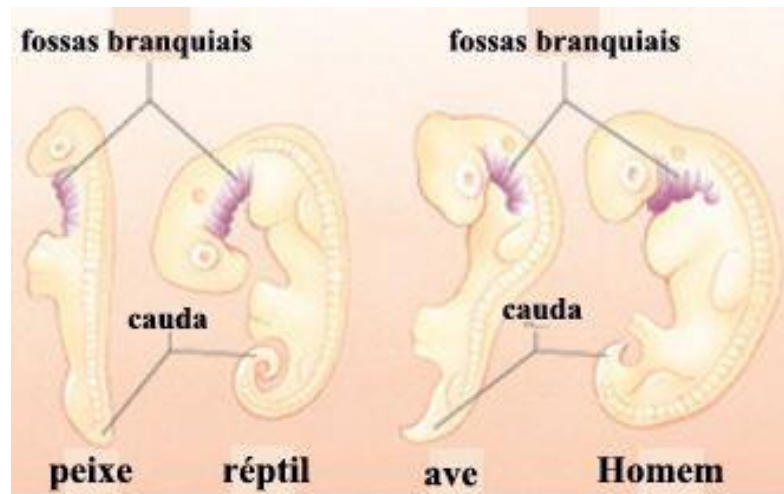


Figura 23 – Esquema comparativo das estruturas embrionárias de animais vertebrados de diferentes classes, evidenciando semelhanças entre as espécies filogeneticamente mais próximas.

Fonte: <http://anarita7-turma13.blogspot.pt/2010/01/argumentos-embriologicos.html>

Argumentos biogeográficos

Defendem que as espécies tendem a ser mais semelhantes quanto maior é a sua proximidade geográfica. Quanto mais isoladas, maiores as diferenças entre si. Neste sentido, por um lado, uma grande diversidade de seres vivos em zonas geograficamente próximas, mas isoladas, implica que ocorreu um fenómeno de evolução divergente. Por outro lado, a existência de seres vivos semelhantes em regiões muito afastadas provam que não houve evolução divergente após a sua separação (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

Argumentos citológicos

Os avanços da Ciência Moderna permitiram acrescentar dados à teoria evolucionista de Darwin, desconhecidos na sua época. A teoria celular defende que todos os seres vivos são constituídos pelas mesmas unidades básicas, as células. A célula é a unidade estrutural e funcional de todos os seres vivos, existindo uma uniformidade dos processos e mecanismos celulares, evidenciando um processo evolutivo a partir de um ancestral comum (Correia, 2015).

Argumentos bioquímicos

Nos últimos anos, os estudos de natureza bioquímica vieram dar um impulso notável à argumentação evolucionista, não só quantitativamente mas também qualitativamente.

As provas bioquímicas apoiam a evolução na medida em que reforçam a ideia de origem comum dos diferentes grupos de seres vivos. Estes argumentos baseiam-se nos seguintes factos atualmente aceites:

- Todos os seres vivos são constituídos pelos mesmos tipos de biomoléculas (proteínas, lípidos, glícidos, ácidos nucleicos, aminoácidos, água e sais minerais);
- Os mecanismos básicos são idênticos em todos os seres vivos, a nível molecular (código genético, síntese proteica, moléculas energéticas (ATP), reações enzimáticas, respiração celular, entre outros).

Ao estudar as proteínas, percebe-se que, quanto mais próximas evolutivamente se encontram as espécies, mais semelhanças apresentam ao nível das proteínas. Este estudo também permite que se estabeleçam filogenias, onde se põe a hipótese de que a partir de uma molécula de DNA ancestral comum, por diferentes mutações, surgiram diferentes genes e, conseqüentemente, a sequência dos aminoácidos é diferente, originando diferentes moléculas.

Outra forma de estimar a proximidade entre espécies é analisando o DNA, através da hibridação do mesmo. Nesta técnica, misturam-se cadeias de DNA desenroladas de espécies diferentes e espera-se que ocorra o emparelhamento. Outra forma ainda de estabelecer o grau de parentesco entre diferentes grupos de animais é a partir de dados sorológicos que se baseiam nas reações específicas entre antígenos e anticorpos (Correia, 2015).

1.2.3. Neodarwinismo – Teoria Sintética da Evolução

Apesar de ser ainda hoje amplamente aceite pela comunidade científica, a teoria de evolução das espécies de Darwin deixou duas questões essenciais em aberto: como surge uma variação e como é que essa variação é transmitida de forma hereditária.

Na década de 1930 a 1940, os novos conhecimentos de genética, vieram juntar-se ao Darwinismo e formaram uma nova corrente de pensamento científico, mais abrangente, e que explica as leis que regem o processo evolutivo de Darwin, dando resposta a alguns processos, como a transmissão dos caracteres, a que Darwin não conseguiu dar resposta. Esta nova teoria designa-se por neodarwinismo ou teoria sintética da evolução (Colégio Vasco da Gama, 2012).

Tal como Darwin, os Neodarwinistas defendem que existe uma variabilidade intraespecífica nas populações, sobre as quais atua a seleção natural. Contudo, ao contrário de Darwin, que na altura desconhecia tal fato, a recombinação genética (que ocorre na reprodução sexuada) e as mutações são os fatores responsáveis por essa variabilidade. Assim, a seleção natural tem como princípio que os descendentes de uma espécie que sobrevivem são mais aptos, são os que herdaram a combinação genética mais favorável à sobrevivência, para um determinado ambiente (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008).

Neste sentido, por um lado, as mutações, que são alterações no genoma do indivíduo, podem levar ao aparecimento de novas características que poderão ser transmitidas às novas gerações, se estas tiverem ocorrido nas células germinativas (gâmetas). Assim, explicam as variações hereditárias e são uma fonte de variabilidade genética, ao introduzirem novos genes que podem ou não favorecer o genoma da espécie.

Por outro lado, a recombinação genética, que ocorre quando na reprodução (sexuada) há mistura de genes dos diferentes indivíduos de uma população. Neste processo ocorrem novos genótipos sem que tenham ocorrido mutações. Na reprodução sexuada, há um conjunto de fenómenos que contribuem para a variabilidade, como sejam a ocorrência de *crossing over* (na prófase I da meiose), a repartição dos cromossomas homólogos (na anáfase I da meiose) e na fecundação quando se fundem dois gâmetas ao acaso. Por estes motivos é praticamente impossível que os mesmos progenitores gerem dois seres exatamente iguais (Colégio Vasco da Gama, 2012).

Segundo o Neodarwinismo, cada indivíduo não evolui isoladamente, mas sim o conjunto de indivíduos da mesma espécie que vive num determinado local e ao mesmo tempo. Desta forma, a unidade evolutiva não é um único ser vivo, mas sim a população. Assim, o fundo genético representa todos os conjuntos génicos que

fazem parte de uma população. Entre toda a diversidade, podem aparecer indivíduos portadores de conjuntos génicos que sejam favorecidos pela seleção natural. Se a população não contiver grande diversidade e se estiver muito bem adaptada às condições do ambiente, basta uma pequena alteração dessas condições e essa população será eliminada. Do mesmo modo, uma população com grande diversidade terá maior probabilidade de se adaptar às mudanças (Silva, Mesquita, Gramaxo, Santos, & Baldaia, 2008)..

Tal como mostrado para o Lamarckismo e o Darwinismo, a figura 22 resume os pressupostos principais desta teoria evolucionista, atualmente a mais aceite.

Neodarwinismo
O meio efectua uma selecção natural sobre a diversidade de formas de vida da população mendeliana.
A população mendeliana apresenta, à partida, devido a mutações, à aleatoriedade da separação dos cromossomas homólogos durante a meiose e da união de gâmetas durante a fecundação e ao <i>crossing-over</i> , variabilidade intra-específica que lhe confere diversidade genética.
Os seres com um conjunto de genes que lhes garantem características mais vantajosas no meio em que vivem sobrevivem durante mais tempo e em maior número que os outros, reproduzindo-se mais que estes (reprodução diferencial) e, através desta alteração da composição genética da população mendeliana, altera-se o seu fundo genético .
A maior ou menor vantagem de um conjunto de genes depende das características do meio.

Figura 24 – Tabela-resumo das ideias principais defendidas pela teoria sintética da evolução.

Fonte: http://auxiliarescienciatecnologias.blogspot.pt/p/biologia_9208.html

Resumem-se, em seguida, os principais fatores que promovem a teoria neodarwinista da evolução.

Mutações

Causam alterações no fundo genético das populações, podem surgir novos genes, enquanto que outros podem ser suprimidos, duplicados ou alterados. São a fonte primária de variabilidade.

Seleção natural

Atua no fundo genético de uma população, selecionando o conjunto de genes mais vantajosos, tornando os indivíduos mais aptos para o ambiente em que vivem. Assim, pode promover determinado fundo genético ou conduzir à sua alteração, podendo ser:

- Estabilizadora: tende a reduzir a variação, as populações são mais homogêneas. Acontece nas populações bem adaptadas e onde não se verificam modificações ambientais.
- Direcional: quando ocorrem as mudanças ambientais, os indivíduos selecionados são os que apresentam as características mais vantajosas.
- Disruptiva: exerce-se em mais do que uma direção, simultaneamente. Esta ação evolutiva pode conduzir ao surgimento de novas espécies.

Migrações (fluxo genético)

Movimentação de indivíduos de uma região para outra, o que vai corresponder à existência de um fluxo genético. O seu efeito numa população depende do número de indivíduos que migram e do tipo de genes que possuem. Este fenómeno tende a homogeneizar populações separadas que compartilharão mais variações, retardando o processo de especiação (criação de uma nova espécie)

Deriva genética

Fenómeno de variação das frequências genéticas (do fundo genético) de uma população ao longo de gerações, como resultado do acaso. Provoca, a longo prazo, uma perda da diversidade genética da população (acontece às populações das ilhas, por exemplo). Duas situações que podem permitir a deriva genética são:

- o efeito gargalo – a diminuição drástica da população devido a fatores ambientais (desastre natural, predação, redução do habitat) e um determinado número de genes irá ser fixado e outros serão eliminados;

- o efeito fundador – um número pequeno de indivíduos abandona a população inicial e desloca-se para uma nova área, transportando uma parte do seu fundo genético.

Cruzamentos não ao acaso

No acasalamento em que os indivíduos privilegiam cruzamentos com parceiros muito semelhantes a si próprios (com o mesmo fenótipo), a frequência dos alelos responsáveis por esse fenótipo tornam-se dominantes. Este fenómeno de cruzamentos não aleatórios designa-se por apanmixia (nos cruzamentos aleatórios designa-se por panmixia). A frequência dos genes que transportam tende a aumentar, levando a alterações no fundo genético da população (diminui a variabilidade genética) e condicionando a evolução da população.

Seleção artificial

Os comportamentos humanos podem influenciar a capacidade adaptativa e a evolução dos seres, uma vez que o Homem, ao longo dos tempos, tem vindo a modificar as espécies de acordo com os seus interesses e, dessa forma, altera o sentido natural da evolução. Esta intervenção do Homem tem sido realizada com o objetivo de selecionar espécies com fins económicos (em géneros alimentares, como é o caso do milho), realizar cruzamentos não aleatórios (para a criação de raças de cães, por exemplo) e a introdução de espécies exóticas (em ambientes que as não possuíam naturalmente) (Colégio Vasco da Gama, 2012).

O cronograma inicial pode ser reformulado (Figura 25), de forma a conter os conceitos-chave das principais teorias evolucionistas abordadas.

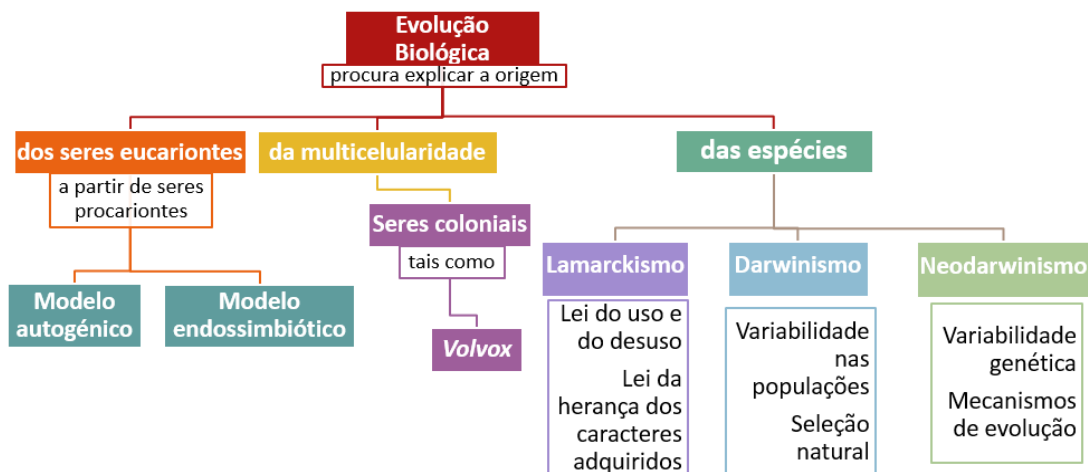


Figura 25 – Organograma geral da Unidade 7 – Evolução Biológica - versão final.

Fonte: Elaborado por mim.

2. FUNDAMENTAÇÃO CURRICULAR

A proposta para intervenção letiva teve por base as orientações curriculares indicadas no programa da disciplina para a unidade 7 – Evolução Biológica. Estas defendem a organização de atividades de pesquisa e discussão orientadas por questões do tipo: “Como explicar a diversidade dos seres vivos? De que modo esta diversidade variou ao longo do tempo? Que interpretações têm sido avançadas?”. Ao longo de toda a unidade, estas questões deverão ser esclarecidas recorrendo a diversas metodologias.

É sugerido a interpretação de imagens para o estudo de teorias de evolução dos seres vivos, incluindo, também, atividades de esquematização e sistematização de informação. É fundamental a observação laboratorial de organismos com níveis de complexidade crescente, promovendo a compreensão das semelhanças e diferenças existentes, bem como a análise e interpretação de dados relativos ao evolucionismo e argumentos que o sustentam, enfatizando os contributos da tecnologia e de outras áreas de saber – Física, Química, Geologia,... – na construção dos conhecimentos científicos. É, ainda, fomentada a criação de debates de assuntos relacionados com a intervenção do homem, tais como, a seleção de espécies com fins económicos, os cruzamentos não aleatórios e a introdução de espécies exóticas.

São diversas as competências a desenvolver pelos alunos, podendo estas ser divididas em cinco tipos: conceituais, atitudinais, procedimentais, de raciocínio e de comunicação.



Figura 26 – Fluxograma resumindo as competências visadas para a Unidade 7 – Evolução Biológica.

Fonte: Elaborado por mim.

Começam-se por definir as competências conceituais para esta unidade temática, que estão agrupadas em dois sub-temas: a unicelularidade e multicelularidade, e os mecanismos de evolução. No primeiro, os alunos contactam com hipóteses que procuram explicar a origem dos seres eucariontes e dos seres multicelulares, necessitando, para tal, de recorrer a conhecimentos prévios sobre a estrutura da célula. No segundo, os alunos são confrontados com diversas teorias que a comunidade científica foi construindo para explicar a diversidade biológica (fixistas e evolucionistas), os argumentos por elas utilizados e, por fim, os mecanismos de evolução das espécies que influenciam a diversidade biológica que se verifica na atualidade.

As competências atitudinais visam a valorização do conhecimento da história da ciência para compreender as perspetivas atuais. Para tal, é necessário haver o reconhecimento do carácter provisório dos conhecimentos científicos, bem como da importância epistemológica das hipóteses, e ainda que o avanço científico-tecnológico é condicionado por contextos, geradores de controvérsias (ex. sócio-económicos, religiosos, políticos...), que podem dificultar o estabelecimento de posições consensuais.

A nível procedimental, os alunos devem desenvolver competências que lhes permitam comparar e avaliar os modelos explicativos do aparecimento dos organismos unicelulares eucariontes, bem como recolher, organizar e interpretar

dados de natureza diversa relativos ao evolucionismo e aos argumentos que o sustentam, em oposição ao fixismo. Nesta unidade, é essencial que sejam capazes de relacionar a capacidade adaptativa de uma população com a sua variabilidade, e analisar e interpretar casos que envolvam diferentes mecanismos de evolução (seleção natural e artificial, mutações e recombinação genética, migrações, deriva genética e cruzamentos não-aleatórios).

As competências de raciocínio a desenvolver implicam o relacionamento de diferentes concepções, com base num raciocínio lógico e crítico. Nesta unidade, será fundamental, em primeiro lugar, relacionar a pluricelularidade com a diferenciação celular; e, em segundo lugar, construir opiniões fundamentadas sobre diferentes perspetivas científicas e sociais (filosóficas, religiosas...) relativas à evolução dos seres vivos. Neste sentido, é essencial relacionar os contributos da tecnologia e de outras áreas de saber – Física, Química, Geologia,... – na construção dos conhecimentos científicos, para que se possam então identificar os contributos de diferentes áreas científicas (ex. anatomia comparada, paleontologia, embriologia, biogeografia, citologia, bioquímica, genéticos,...) na fundamentação e consolidação do conceito de evolução, e a sua aplicação a exemplos atuais. Este sentido crítico e de análise permitirá relacionar os resultados obtidos experimentalmente com os mecanismos de evolução dos seres vivos defendidos pelas teorias evolucionistas e, ainda, refletir sobre alguns comportamentos humanos que podem influenciar a capacidade adaptativa e a evolução dos seres vivos.

Por último, referem-se as competências de comunicação oral e escrita, essenciais não só para esta unidade temática, mas para a motivação dos alunos para com a disciplina. Assim, pretende-se que os alunos sejam capazes de discutir a origem da multicelularidade tendo em conta a progressiva especialização morfofisiológica dos seres coloniais; argumentar, descritiva e criticamente, hipóteses de evolução de casos reais, salientando diferentes aspetos a favor e contra as teorias evolucionistas; e, ainda, discutir casos que envolvam mecanismos de evolução das espécies.

3. FUNDAMENTAÇÃO DIDÁTICA

Com base nas teorias de aprendizagem explicadas no Capítulo II deste relatório, as metodologias e estratégias de ensino a seguir descritas foram pensadas

e criadas com o intuito de possibilitar o desenvolvimento das competências acima mencionadas, tendo em conta as perspetivas construtivistas.

Potencialidades educativas das metodologias

Partindo da teoria da aprendizagem significativa, nesta Unidade Didática foram planificadas diversas atividades com base neste modelo de aprendizagem por receção.

De acordo com este método indutivo, foi inicialmente realizada uma ficha de diagnóstico e, posteriormente, uma exposição teórica dos modelos explicativos da origem dos seres eucariontes. Assim, através dos organizadores prévios, os alunos foram capazes de relacionar os novos conteúdos introduzidos com os conhecimentos prévios que tinham acerca da estrutura das células eucarióticas e procarióticas.

Ao longo das aulas, os assuntos abordados eram apresentados de forma relacionada e sequencial, do geral para o específico, recorrendo a esquemas, imagens e tabelas comparativas. Foram ainda realizados frequentemente exercícios de aplicação dos conceitos previamente estabelecidos. Adicionalmente, na primeira aula os alunos foram confrontados com um organograma inicial, que foi sendo preenchido ao longo das aulas, à medida que conceitos novos iam sendo adicionados (Figuras 3, 14 e 25).

Simultaneamente, a teoria da aprendizagem por questionamento também esteve subjacente noutras metodologias aplicadas.

Um dos casos em se empregou a aprendizagem por descoberta foi com o preenchimento do guião do documentário visionado. Nesta atividade, o documentário constituiu uma fonte de pesquisa de informação introdutória ao tema, transmitindo os dados necessários para responder às questões formuladas. De forma semelhante, a visita de estudo realizada também teve como objetivo a pesquisa *in loco* de informações sobre a espécie em estudo por cada aluno. Assim, possibilitou-se a descoberta de novos dados para utilização posterior na sua formulação individual do percurso evolutivo de cada espécie.

Não obstante, a atividade prática laboratorial em que foi realizado um teste de sensibilidade de bactérias a agentes antibacterianos, também se basou neste método dedutivo. Esta atividade foi planificada em sala de aula, orientando os alunos na formulação de questões e a enunciar um problema a resolver. Desta forma, foi estimulado o raciocínio dos alunos para determinar os métodos e procedimentos necessários à concretização experimental da atividade, no sentido de obter os resultados desejados.

Estratégias de ensino

Privilegiando um modelo educativo centrado na construção do saber pelo próprio aluno, foram preparadas diferentes atividades no sentido de desenvolver as competências que se pretendem que os alunos adquiram.

É de salientar, inicialmente, o recurso a uma atividade diagnóstica de conceitos prévios e de concepções alternativas sobre a origem da diversidade biológica. Estas estratégias permitiram não só um primeiro contacto dos alunos com os conteúdos temáticos da unidade, mas também perceber, numa perspetiva didática, quais os conhecimentos de base que os alunos dispunham em relação ao tema. Assim, esses pré-conceitos serviram de ponto de partida para o estudo da origem dos seres eucariontes.

A observação microscópica de espécimes de seres eucariontes unicelulares e coloniais foi acompanhada dos registos em desenho científico das mesmas, bem como da medição do campo do microscópio e, daí, extrapolação do tamanho dos organismos observados. Desta forma, o desenho implicou um maior detalhe e precisão da observação microscópica, possibilitando o desenvolvimento destas competências técnicas.

As atividades de pesquisa, usando como fontes um documentário introdutório à temática, e ainda a recolha de dados em campo, foram uma importância estratégica não só para introduzir as teorias abordadas, num caso, como para detetar a os conhecimentos adquiridos da teoria atualmente mais aceite, no outro.

A realização de trabalhos em grupo, como o debate sobre as teorias evolucionistas e o trabalho laboratorial, permitiu aos alunos entreajudarem-se, participando ativamente na construção do conhecimento uns dos outros. Assim, esta estratégia facilitou a discussão e argumentação dos alunos de cada grupo.

O recurso a apresentações expositivas, foi uma estratégia utilizada não só para transmitir os conteúdos temáticos, recorrendo à associação de esquemas e imagens, mas também permitiu a comparação de teorias de evolução das espécies. Estas eram muitas vezes precedidas da resolução de problemas de papel e lápis e sua correção oral, de forma a serem esclarecidas dúvidas e desmistificadas concepções alternativas.

Tendo como objetivo o desenvolvimento de uma atividade laboratorial que teste a sensibilidade de colónias de bactérias a três agentes antibacterianos diferentes, as estratégias formuladas por esta planificação visavam que os alunos refletissem e sugerissem o procedimento mais adequado e a sequencialidade dos passos a seguir, relativamente à execução das preparações a utilizar e de que forma seriam controladas as variáveis em estudo. Pretendeu-se, deste modo, desenvolver competências procedimentais, ao introduzir aos alunos o método de criação de um protocolo experimental devidamente estruturado, composto pelos materiais e métodos necessários para a execução da técnica e para a obtenção dos resultados esperados. Finalmente, toda a informação resultante desta atividade foi apresentada por escrito através de um relatório individual para avaliação. Aqui, os alunos demonstraram as suas competências de comunicação escrita, ao uma introdução teórica ao tema – fatores genéticos que influenciam a resistência de bactérias a agente antibacterianos. As competências de raciocínio foram testadas através da interpretação dos resultados esperados e obtidos, incluindo a discussão de resultados inesperados e a pesquisa de possíveis justificações, e consequente proposta de melhoria do trabalho experimental.

Para concluir, os conteúdos programáticos aprendidos pelos alunos foram avaliados através de dois grupos de questões incluídos no teste de avaliação sumativa, onde os alunos puderam demonstrar a aquisição de competências conceituais. Foi, ainda, aplicada uma atividade de auto-avaliação da unidade temática e das atividades realizadas.

Seguidamente, encontram-se resumidas as atividades propostas e a sua sequencialidade nas aulas lecionadas.

5. ATIVIDADES PROPOSTAS

A figura 27 pretende demonstrar, de uma forma resumida, as atividades práticas realizadas ao longo desta intervenção letiva, e as aulas em que ocorreram.

Nº Atividade	Atividade prática	Nº aula
1ª	Ficha de diagnóstico sobre a temática da unidade.	1ª
2ª	Ficha de registo das observações de preparações definitivas dos géneros Paramecia e Volvox, ao microscópio ótico.	
3ª	Visionamento de documentário introdutório às teorias evolucionistas e resposta ao respetivo guião.	2ª
	Correção do guião do documentário.	3ª
4ª	Resolução de exercícios de aplicação de conceitos do Darwinismo.	3ª
5ª	Debate em grupos confrontando o Lamarckismo e o Darwinismo.	4ª
6ª	Resolução de exercícios de aplicação de conceitos de anatomia comparada, como argumentos a favor do evolucionismo.	5ª
7ª	Trabalho laboratorial: teste de sensibilidade de bactérias a agentes antibacterianos.	7ª
	Registo dos resultados obtidos.	9ª
8ª	Resolução de exercícios de aplicação de conceitos do Neodarwinismo e dos fatores promotores da evolução.	8ª
9ª	Trabalho de campo: recolha de dados e posterior estudo segundo as teorias evolucionistas estudadas.	10ª
10ª	Questionário de auto-avaliação.	11ª
11ª	Teste de avaliação sumativa.	

Figura 27 – Tabela-resumo das atividades práticas realizadas, com indicação da respetiva aula.

Fonte: Elaborado por mim.

6. AVALIAÇÃO

A avaliação da unidade temática seguiu os critérios definidos pelo Departamento de Ciências Experimentais da Escola Secundária Vergílio Ferreira, onde se insere a disciplina de Biologia e Geologia.

Segundo estes, é dado um peso de 5% para as condutas sociais (1,5%) e escolares (3,5%), a avaliar através dos instrumentos resultantes da observação direta e sistemática, e um peso de 95% para as competências específicas e/ou atividades desenvolvidas pelos alunos, especificamente 65% para o teste sumativo e 30% para a avaliação prática, que foi realizada através do relatório da atividade laboratorial e do relatório do trabalho de campo.

7. SÍNTESE DESCRITIVA DAS AULAS

A prática de ensino supervisionada teve início a 6 de janeiro de 2015, coincidindo com o início das aulas do 2º período letivo, e terminou a dia 27 do mesmo mês, perfazendo assim uma duração de 3 semanas. Ao todo foram lecionadas 27 lições de 45 minutos, distribuídas por 10 aulas consecutivas. É ainda de salientar que todas as aulas foram lecionadas nas instalações da Escola Secundária de Vergílio Ferreira, à exceção da última que correspondeu à visita de estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa.

Descrição das aulas

1ª Aula

A primeira aula compreendeu três lições de 45 minutos, sendo que todas as aulas com esta duração são lecionadas com a turma dividida em dois turnos. Assim sendo, as mesmas atividades foram repetidas em duas aulas de 135 minutos consecutivas, uma para cada turno, cumprindo os tempos de aula a seguir discriminados de forma que os turnos se mantivessem a par nas atividades desenvolvidas.

Nos primeiros quinze minutos da aula, foi feita uma breve introdução à unidade didática, cujo tema é a Evolução Biológica. Para iniciar, foi dada a conhecer a questão central que serve de base aos conteúdos da Unidade 7: “Como é que a Ciência e a Sociedade têm interpretado a grande diversidade de seres vivos na natureza?”, e, posteriormente, no sentido de dar resposta a esta pergunta, foi apresentado um organograma com a divisão geral dos conteúdos em três grupos: as teorias explicativas da origem dos seres eucariontes, da multicelularidade e das espécies.

Após uma breve revisão dos dados paleontológicos que revelam a origem da vida na Terra, os alunos dispuseram de vinte minutos para realizar uma ficha de diagnóstico individual sobre as diferenças entre seres procariontes e eucariontes. Esta ficha foi produzida em duas versões, de modo a minimizar o enviesamento dos resultados.

Nos últimos dez minutos da primeira lição, após a recolha das fichas, foram revistos os conceitos relacionados com a estrutura das células procarióticas e eucarióticas.

Na segunda lição desta aula foram brevemente apresentadas as hipóteses explicativas da origem dos seres eucariontes, nomeadamente os modelos autogénico e endossimbiótico, bem como o papel dos seres coloniais para a origem da multicelularidade.

Na terceira lição, os alunos realizaram uma atividade prática laboratorial, que consistiu na observação ao microscópio ótico de preparações definitivas de seres eucariontes unicelulares (do género *Paramecium*) e coloniais (do género *Volvox*), bem como na medição com papel milimétrico do campo do microscópio, para posterior cálculo estimado dos seres observados. Para a realização desta atividade, os alunos foram divididos em 4 grupos, sendo que cada grupo dispunha de um microscópio ótico. Para a realização da atividade foi elaborado um guião com diretrizes para os alunos, discriminando os objetivos, o procedimento e a estrutura do trabalho a entregar (Apêndice II)

2ª Aula

A segunda aula foi composta por duas lições de 45 minutos (90 minutos no total), sendo que todas as aulas com esta duração são lecionadas com todos os alunos da turma (sem divisão por turnos).

Durante a primeira lição, os alunos puderam visionar excertos de um documentário sobre a teoria evolucionista de Darwin e a importância do estudo dos fósseis, intitulado “Charles Darwin e a Árvore da Vida”, apresentado por David Attenborough para o canal BBC (2009). O documentário começa por abordar as teorias fixistas passando depois para Darwin e a sua viagem no Beagle até às Galápagos, referindo ainda como foi fundamental o estudo de formas fósseis de transição e a sua comparação com os animais atuais para compreender como funcionam como elos entre grandes grupos de animais.

No final do documentário, os alunos dispuseram de 15 minutos para o preenchimento de um guião com questões sobre os temas abordados no filme.

Na segunda lição, foram apresentadas as principais teorias fixistas (Criacionismo, Espontaneísmo e Catastrofismo), as suas fragilidades e a primeira

teoria evolucionista a questionar o Fixismo: o Lamarckismo e as suas leis (do uso e do desuso e transmissão dos caracteres adquiridos).

3ª Aula

Na continuação da aula anterior, esta aula de 90 minutos teve início com a apresentação de uma experiência com ratos realizada por August Weismann, a qual demonstrava inequivocamente como a lei da herança dos caracteres adquiridos de Lamarck era falsa.

No seguimento da temática em curso, foi então introduzida a teoria de Darwin sobre a evolução das espécies. Para tal, começou por se realizar a correção do guião do documentário preenchido pelos alunos na aula anterior, em que as respostas eram debatidas oralmente, solicitando a participação ativa de todos os alunos da turma. Em alguns casos foram utilizadas imagens ou figuras que esclarecessem potenciais dúvidas sobre cada questão em particular.

Posto isto, o Darwinismo foi explicado recorrendo aos mesmos exemplos anteriormente utilizados para o Lamarckismo, de forma a que os alunos estabelecessem uma ponte mental de comparação entre as duas teorias. Exemplos clássicos para este efeito são o pescoço das girafas, as pernas dos flamingos e as membranas inter-digitais dos patos.

Na última parte da aula, foi apresentado oralmente um exercício para realização no caderno diário individual, no qual se retrata o caso das borboletas *Biston betularia* durante a Revolução Industrial em Inglaterra. Após a sua execução, procedeu-se à correção do questionário, esclarecendo em detalhe as definições dos conceitos de “o mais apto” e “seleção natural”, e elucidando de que forma estes variam consoante o espaço e o tempo.

Nos últimos minutos da aula ainda houve espaço para referir duas questões que a teoria de Darwin não foi capaz de responder: “Como surge uma variação numa espécie?” e “Como essa variação é transmitida de geração em geração?”. Pretendeu-se assim deixar este tema em aberto, servindo posteriormente como ponto de partida para a 8ª aula em que foi abordado o Neodarwinismo.

4ª Aula

Esta aula de turnos, que perpez 135 minutos, foi planificada para a realização de um debate, para o qual os alunos foram distribuídos aleatoriamente por dois grupos, e cada um seria defensor de uma teoria evolucionista: Lamarckismo ou Darwinismo. No entanto, como a atividade prática laboratorial da 1ª aula não ficou concluída, na primeira lição os alunos dispuseram novamente dos microscópios óticos e das preparações definitivas para a observação de seres eucariontes unicelulares e de seres coloniais.

Terminados os registos de observações, na segunda lição da aula foi realizada uma revisão comparativa das duas teorias evolucionistas em confronto, de forma a potenciar a capacidade argumentativa dos alunos. Para tal, foram utilizadas imagens, tabelas e organogramas que permitem a criação de estruturas cognitivas capazes de organizar o conhecimento e torná-lo mais facilmente acessível em situações que exigem uma fluência verbal e de raciocínio.

Na terceira lição, uma vez esclarecidas as dúvidas, passaram a ser explicados os moldes em que iria decorrer o debate. Neste sentido, foram exibidas imagens de várias espécies de animais (mamíferos, aves e répteis), e o ponto de partida do debate consistia em relacionar a função de um determinado órgão com a sua necessidade para a adaptação da espécie, consoante o seu habitat, a sua alimentação e o seu modo de locomoção. Assim, para cada espécie foi explicado o percurso evolutivo por membros dos dois grupos, à luz da teoria evolucionista de que eram defensores. No final do debate, os alunos receberam a notícia oficial que iriam ver ao vivo todos os animais previamente mencionados, uma vez que estava planeada uma visita de estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa.

5ª Aula

Esta aula de 90 minutos teve início com a divulgação aos alunos de informações relativas à Visita de Estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa. Foi confirmada a data definitiva, dia 27 de janeiro de 2015, terça-feira, que coincidia com o dia da semana em que apenas ocorrem as aulas de turnos partilhadas com a disciplina de Físico-Química, e que correspondeu à décima e última aula desta intervenção letiva. Desta forma, na semana a seguir à visita (dia 3 de fevereiro), não houve aula de Biologia e Geologia, tendo sido as 6 lições destinadas à disciplina de Física e Química. Foi apresentado o programa personalizado e o valor associado, o

ponto de encontro inicial, a visita guiada e as apresentações de animais. Foi ainda dado a conhecer aos alunos que teriam de elaborar um relatório sobre um animal à escolha (diferente para cada aluno), e que incluísse o percurso evolutivo dessa espécie à luz das teorias evolucionistas.

Após 20 minutos, os conteúdos programáticos foram retomados, sendo que nesta aula foram apresentados os dados de vários ramos da Biologia e da Geologia que argumentam a favor do evolucionismo.

Já na segunda lição, foi apresentado oralmente um exercício de exame relacionado com os argumentos de anatomia comparada que apoiam o evolucionismo, neste caso com o exemplo de um grupo de mamíferos aquáticos (cetáceos). Após a realização individual do exercício no caderno diário, a correção foi discutida oralmente com os alunos, no sentido de evidenciar a forma como são elaboradas as questões de exame, alertando para a existência de palavras ou expressões que poderão induzir em erro (as vulgarmente chamadas “rasteiras”).

6ª Aula

Os 90 minutos desta aula foram destinados à explicação em maior detalhe do objetivo do relatório a realizar com base na visita de estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa, bem como à introdução da atividade prática laboratorial que foi executada na aula seguinte.

Neste sentido, na primeira meia hora da aula os alunos foram informados do propósito didático deste relatório, o qual consiste num trabalho investigativo sobre o percurso evolutivo de uma determinada espécie atual, representada por um espécime no Jardim Zoológico de Lisboa. Inclusivamente, foram apresentados alguns exemplos de animais mais comumente encontrados em estudos evolutivos e sobre os quais existem mais informação em bibliografia de referência.

Posto isto, na restante hora de aula, foi dada uma introdução teórica ao trabalho prático laboratorial que foi desenvolvido na aula seguinte.

Para tal, em primeiro lugar, a atividade experimental foi inserida nos conteúdos da unidade temática. Antes de mais, pressupõe-se ser do conhecimento prévio dos alunos que qualquer variabilidade genética que ocorra no seio de uma população bacteriana seja derivada por mutações, uma vez que estes organismos não realizam reprodução sexuada. Uma vez lembrados os conteúdos lecionados

no 1º período sobre os fenômenos biológicos que geram diversidade genética, estes serviram como ponte de ligação com as questões deixadas em aberto pela teoria de Darwin, e que foram tomadas como ponto de partida para o Neodarwinismo na 8ª aula.

Em segundo lugar, os alunos foram questionados sobre as zonas do corpo humano onde é do conhecimento geral existirem bactérias (como a boca, a pele, o intestino, entre outros), e, ainda, que tipo de produtos de higiene e limpeza utilizamos diariamente para “controlar” essas bactérias (que afirmam eliminar 99,9%), deixando em aberto a pergunta “e o que acontece ao restante 0,1%?”.

Após esta contextualização, foi apresentado o problema-central deste trabalho investigativo, cujo objetivo é testar a sensibilidade de bactérias presentes no nosso corpo a antibacterianos usados no cotidiano. Para tal, foi pedido aos alunos que refletissem no processo de criação do protocolo experimental, antes da realização da atividade. Assim sendo, foram questionados sobre que fatores se deveriam fazer variar (ou seja, as variáveis independentes) e qual o resultado esperado (a variável dependente). Pretendia-se, como isto, que os alunos após discussão em turma e tendo em conta os diferentes agentes antibacterianos vulgarmente utilizados no nosso dia-a-dia (foram dados como exemplos o detergente da loiça, o sabonete líquido manual, e o elixir oral) conseguissem autonomamente concluir que faria sentido testar estes agentes em bactérias dos dentes e das mãos (o local do corpo onde supostamente atuam os antibacterianos), para verificar se ocorre a formação de colónias de bactérias na presença e na ausência destes agentes (e comparar essa proliferação na presença de agentes sem essa capacidade antibacteriana). Após definidas estas variáveis, foi importante salientar a necessidade de manter determinados parâmetros constantes (as variáveis a controlar), nomeadamente o meio de cultura, condições de esterilidade, a temperatura e o tempo de incubação.

7ª Aula

Esta aula de turnos, de 135 minutos cada, foi dedicada à realização de uma atividade laboratorial do tipo investigativo, que pretendia testar a sensibilidade de bactérias simbiotes do Homem a agentes antimicrobianos utilizados no cotidiano.

Explicando o protocolo de uma forma muito simplificada, os alunos de cada grupo prepararam as placas de cultura, realizaram as diluições dos agentes

antibacterianos, e posteriormente procederam aos inóculos necessários tendo em conta as variáveis em estudo e os controlos necessários.

Os alunos foram divididos em quatro grupos, um em cada bancada de trabalho na sala de laboratório, sendo que no 1º turno cada grupo era formado por 4 alunos e no 2º turno por 3 alunos. Dentro de cada grupo os alunos desempenharam diferentes tarefas, tendo sido nomeados como “Aluno A”, “Aluno B”, “Aluno C” e “Aluno D” (este último apenas no 1º turno). Cada aluno A, B, C e D dispôs de um protocolo experimental, consoante o tipo de bactéria e de agente antibacteriano em teste. Assim, o aluno A preparou placas com um inóculo com bactérias dos dedos das mãos e com sabonetes manuais (normal e antibacteriano); o aluno B com um inóculo dos dentes e com pasta de dentes normal e exilir (antibacteriano); o aluno C com um inóculo dos dentes e de detergentes da loiça (normal e antibacteriano) e o aluno D (apenas nos grupos do 1º turno) com um inóculo dos dedos e detergentes da loiça.

<p><u>Aluno A</u></p> <p>Placa nº1 - só c/ amostra do dedo</p> <p>Placa nº2 - dedo + sabonete normal</p> <p>Placa nº3 - dedo + sabonete Ab</p>	<p><u>Aluno B</u></p> <p>Placa nº4 - só c/ amostra dos dentes</p> <p>Placa nº5 - dentes + sol. pasta de dentes</p> <p>Placa nº6 - dentes + elixir Ab</p>
<p><u>Aluno C</u></p> <p>Placa nº7 - só c/ amostra dos dentes</p> <p>Placa nº8 - dentes + detergente normal</p> <p>Placa nº9 - dentes + detergente Ab</p>	<p><u>Aluno D</u> (só no 1º turno)</p> <p>Placa nº10 - só amostra do dedo</p> <p>Placa nº11 - dedo + detergente normal</p> <p>Placa nº12 - dedo + detergente Ab</p>

E ainda:

Placa nº 13 - 1 placa **controlo** (só com meio)

Placas nº14 a 19 - 6 placas **só com o antibacteriano** (6 no total, 3 normais e 3 Ab)

Figura 28 – Distribuição das placas de teste pelos alunos de cada grupo, consoante as variáveis independentes em estudo.

Fonte: Elaborado por mim.

As tarefas foram meticulosamente desempenhadas pelos alunos, com o empenho e o cuidado necessário. No entanto, devido às solicitações de ajuda frequentes por parte dos alunos, a juntar aos contratempos já referidos, o protocolo tornou-se mais demorado do que o esperado, ocupando o tempo total da aula.

8ª Aula

Nesta aula de 90 minutos, os conteúdos programáticos da unidade temática foram retomados e concluídos, e para estabelecer uma ligação com as aulas anteriores foram novamente mencionadas as questões não-respondidas pela teoria de Darwin, bem como uma revisão das fontes de variabilidade genética em espécies que se reproduzem sexuadamente. Seguidamente, o Neodarwinismo ou Teoria Sintética da Evolução foi apresentada como a teoria evolucionista atualmente mais aceite, concluindo assim os conteúdos desta unidade didática com a explicação dos principais fatores promotores da evolução que suportam esta teoria. A aplicação destes conceitos à resolução de exercícios de exame foi praticada em sala de aula, através do exemplo de uma comunidade Amish resultante da deriva genética de uma população de origem, e onde os cruzamentos ocorrem não aleatoriamente, promovendo uma maior incidência de uma mutação genética num alelo recessivo que provoca uma doença hereditária.

9ª Aula

Nos últimos 90 minutos em sala na escola cooperante, os alunos tiveram oportunidade de recolher todos os resultados da atividade laboratorial sobre a sensibilidade de bactérias a agentes antibacterianos. Para tal, foi pedido aos alunos que se organizassem de acordo com os mesmos grupos da aula em que foi realizada a atividade, e posteriormente as placas de cultura foram distribuídas. Cada aluno procedeu à contagem das colónias obtidas em cada caixa e os elementos de cada grupo anotaram os resultados obtidos. Posteriormente, foi desenhada uma tabela no quadro da sala, onde um aluno de cada grupo registou os dados coletados. Desta forma, cada aluno dispôs dos dados de todos os grupos, de ambos os turnos, aumentando assim a amostra para o seu relatório individual. O alargamento da amostra torna os resultados mais fiáveis

Para terminar a aula, foram dadas as últimas diretrizes para a visita de estudo ao Jardim Zoológico, nomeadamente o objetivo, a metodologia e o produto pretendido, ou seja, a elaboração de um relatório de campo individual, cuja estrutura obedecesse ao documento fornecido pela professora cooperante no início do 1º Período, intitulado “Estrutura e Critérios de Avaliação dos Relatórios”.

10ª Aula

Como já referido, esta aula decorreu numa terça-feira pela conveniência de corresponder ao dia da semana em que ocorrem as aulas de turnos de Biologia e Geologia e de Física e Química. Assim, neste dia foram contabilizadas 6 lições de 45 minutos para esta disciplina, sendo que na semana posterior, a dia 3 de fevereiro, os 270 minutos foram reservados para a disciplina de Física e Química.

A visita de estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa teve início cerca das 10 horas da manhã, no ponto de encontro previamente marcado, junto às bilheteiras, já dentro do recinto. Apesar de alguns atrasos, a maioria dos alunos cumpriu a hora marcada e, após a entrada, seguiram para as instalações dos leões-marinhos, para assistir à sua alimentação, por volta das 10h30m. Após 20 minutos, a turma dirigiu-se para a baía dos golfinhos, para um encontro com o treinador dos golfinhos e leões-marinhos marcado para as 11h. Durante meia hora os alunos perceberam como é feito o manejo diário destes animais nestas instalações e foi dada a possibilidade de porem questões, mantendo-se um diálogo aberto.

Posteriormente, os alunos dispuseram de tempo livre até à visita guiada, marcada para as 12h15m. Nesse tempo foi-lhes sugerido visitar o reptilário ou andar no teleférico, de forma a ficarem com uma noção abrangente do espaço total do Jardim, mesmo as zonas que não estão abertas ao público. Esta visita tinha como tema previamente escolhido “Oficina na Rota de Darwin”, visto enquadrar-se nos conteúdos programáticos da unidade em questão. Assim, durante 90 minutos, os alunos puderam contactar com um guia do Centro Pedagógico do Jardim Zoológico, que lhes transmitiu uma vasta informação sobre as espécies que visitaram, o que constituiu um ponto-chave para a argumentação que realizaram posteriormente no relatório de campo. À medida que percorriam o espaço zoológico, foi também mantida uma discussão sobre os pontos fortes e fracos das teorias fixistas e evolucionistas e sobre a viagem de Darwin às Galápagos.

No final, a turma dirigiu-se em conjunto para a zona da restauração para o almoço. Pressupôs-se que, nesta altura, os alunos já teriam uma ideia formada sobre o animal escolhido para o relatório, procedendo-se então de seguida ao seu registo, sem que fossem permitidas repetições.

Da parte da tarde, às 14h30m, os alunos assistiram à alimentação dos pelicanos durante cerca de 15 minutos, seguindo novamente para a baía dos golfinhos para assistir desta vez à apresentação. Passados cerca de 40 minutos, os

alunos dispuseram de mais tempo livre, e foi-lhes sugerido investigar em profundidade o animal escolhido. A última apresentação estava marcada para as 16h30m, intitulada “Bosque Encantado: apresentação de aves em voo livre, onde os alunos puderam contactar de perto, por exemplo, com aves de rapina, exóticas e corredoras. Após 30 minutos, a visita foi dada por terminada, sendo que os alunos que o desejaram puderam permanecer nas instalações do Jardim até às 18h.

11ª Aula

Nesta aula foi ministrado aos alunos o 1ª Teste do 2ª Período, do qual faziam parte dois grupos de questões sobre a unidade temática lecionada nesta intervenção letiva.

No final, foi ainda pedido aos alunos que preenchessem um questionário de auto-avaliação das práticas de ensino e das atividades realizadas.

CAPÍTULO V - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

1. ESTRATÉGIA DA INVESTIGAÇÃO PEDAGÓGICA

Com base nas questões orientadoras da investigação e na problemática central deste estudo, foi delineada também uma estratégia de investigação, no sentido de elucidar futuras reflexões e possíveis respostas.

Assim, foram planeadas diferentes atividades para os objetivos de aprendizagem propostos. Atividades de pesquisa, usando como fonte um documentário introdutório à temática da evolução das espécies e a recolha de dados em campo. A realização de um debate sobre as teorias evolucionistas, em trabalho colaborativo, bem como a resolução de problemas de papel e lápis e sua correção em turma. Por fim, uma atividade laboratorial de observações microscópicas e registo das mesmas, e uma atividade investigativa para testar a sensibilidade biológica.

2. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Para aplicar a estratégia de investigação proposta, a metodologia utilizada foi de natureza interpretativa, recorrendo a dados qualitativos e quantitativos.

Relativamente aos dados de natureza descritiva (qualitativos), estes foram resultantes da observação direta e sistemática efetuada ao longo das aulas lecionadas, quer seja de uma forma estruturada ou não estruturada.

Os dados quantitativos resultaram de uma ficha de registo de observações microscópicas; de um relatório escrito individual, sobre um teste de sensibilidade biológica; de um trabalho sobre o estudo de um caso obtido em campo; e ainda da aplicação de questionários de diversos tipos: de resposta fechada e aberta, de diagnóstico e de auto-avaliação, e de avaliação sumativa.

3. INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS

Os instrumentos de recolha de dados a aplicar estiveram de acordo com a metodologia respetiva, indicada anteriormente, dividindo-se em dois tipos distintos de instrumentos obtidos: através das observações realizadas por mim, e através de documentos escritos elaborados pelos alunos.

Assim, com base nas observações não estruturadas das aulas resultaram reflexões sobre as mesmas, compiladas em registos diários, nos quais tentei retratar o mais fielmente possível os aspetos positivos e negativos vivenciados, relativamente ao método de ensino e às atividades propostas, e ainda sugerir possíveis reformulações. Nas aulas em que foram realizados exercícios de papel e lápis no caderno diário para correção em turma, também acrescentei pequenas notas ou considerações, visto serem exercícios retirados de exames nacionais de anos anteriores e a importância da sua compreensão e domínio neste ano de escolaridade.

Com base nas observações estruturadas, foram elaboradas grelhas de observação e listas de verificação durante algumas das atividades propostas, permitindo especificamente o registo de competências práticas em atividade laboratorial e de participações no debate em grupo.

Cumulativamente, foram aplicados questionários e produzidos documentos escritos pelos alunos, nomeadamente uma ficha de diagnóstico, uma ficha de registo de observações microscópicas, um guião de visionamento de um documentário introdutório à temática, dois relatórios de atividades do tipo investigativo (um laboratorial e outro de campo), um questionário de auto-avaliação das aprendizagens desenvolvidas e, por fim, o teste de avaliação sumativa.

4. CALENDARIZAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE RECOLHA DE DADOS

A figura 29 apresenta a calendarização efetivamente executada para a Unidade 7: Evolução Biológica.

		dia / nº aula										
		janeiro										fevereiro
		6	7	9	13	14	16	20	21	23	27	4
Recolha de dados	Instrumentos	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª
Observações não estruturadas	Diários de aula	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Notas sobre os exercícios propostos			✓		✓			✓			
Observações estruturadas	Grelhas de observação	✓			✓			✓				
	Listas de verificação											
Questionários / Documentos escritos	Ficha de diagnóstico	✓										
	Ficha de registo de observações microscópicas	✓										
	Guião de documentário		✓									
	Relatório de investigação laboratorial									✓		
	Relatório de investigação de campo										✓	
	Teste sumativo											✓
	Questionário de auto-avaliação											✓

Figura 29 – Tabela-resumo dos instrumentos de recolha de dados utilizados, distribuídos pelas aulas respetivas.

Fonte: Elaborado por mim.

CAPÍTULO VI - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

1ª AULA

Diário de aula

No início da aula, os alunos mantiveram-se calmos e mostraram-se atentos à introdução da unidade temática, relevando interesse e curiosidade pelos assuntos principais a serem abordados, ao mesmo tempo que iam anotando os seus próprios apontamentos. Esta observação corrobora a opinião que tinha formada acerca dos alunos da turma, através do contacto direto que manteve durante o primeiro período, no âmbito da UC de IPP III. Assim, mais uma vez, demonstraram ser uma turma de alunos empenhados e motivados para a disciplina.

Após o preenchimento das fichas de diagnóstico, os alunos tornaram-se mais participativos na abordagem dos modelos explicativos da origem das células eucarióticas e dos seres multicelulares, pondo questões sobre os esquemas apresentados e esclarecendo dúvidas pontuais.

A atividade prática laboratorial, que pressupunha que os alunos realizassem autonomamente as observações de seres unicelulares e coloniais em preparações definitivas, evidenciou, de uma maneira geral, algumas dificuldades no manuseamento dos microscópios, na localização do material biológico nas preparações, nas focagens corretas e no desenho científico. É de salientar que os 45 minutos destinados à execução desta atividade não foram suficientes para a maior parte dos alunos, pelo que o registo das observações e cálculos só foram concluídos na aula de turnos seguinte (4ª aula), uma semana depois.

Ficha de diagnóstico

A correção das fichas de diagnóstico permitiu-me compreender que alunos manifestavam maiores dificuldades em determinados conteúdos, em detrimento de outros. Assim, por um lado, no primeiro grupo de questões, em que era feita uma revisão dos conceitos de células procarióticas vs eucarióticas e de seres unicelulares vs multicelulares, a maioria dos alunos respondeu acertadamente a todas as questões. Por outro lado, nas questões do Grupo II relacionadas com a evolução dos seres vivos, as respostas indicadas foram todas consideradas incompletas. Na primeira questão deste grupo, em que se pedia aos alunos que explicassem o que é (na sua opinião), a Evolução Biológica, nenhum aluno preencheu os requisitos

mínimos da resposta. Na segunda questão, que consistia em assinalar como verdadeiras ou falsas as frases apresentadas, igualmente se verificou que nenhum aluno atingiu a cotação total.

Ficha de registo de observações

De uma forma geral, os alunos foram capazes de atingir os objetivos mínimos. Embora evidenciem dificuldades acentuadas em realizar desenhos científicos, com rigor e escala de forma a obter um resultado harmonioso, a maioria dos alunos conseguiu realizar os cálculos do tamanho de cada espécime. Desta forma, adquiriram uma nova compreensão do que são seres unicelulares e coloniais, qual o tamanho que uma única célula eucariótica pode chegar a ter, o seu detalhe interno e funções especializadas, e ainda como começou a ocorrer a especialização funcional em seres coloniais.

2ª AULA

Diário de aula

Tendo sido esta a primeira aula em que estava presente a turma completa, foi evidente uma diferença significativa na dinâmica da turma. Esta é uma turma com mais de 30 alunos, gerando-se uma agitação geral nos primeiros 5 a 10 minutos, desde a entrada na sala até estarem sentados nos lugares respetivos, tendo havido a necessidade de os alertar para o início da atividade da aula. Após uma breve explicação do documentário e do guião que iriam preencher após o visionamento, os alunos assistiram de uma forma atenta e a maioria em silêncio, embora não tivessem tomado a iniciativa de registar breves notas da informação que ia sendo divulgada. Posteriormente, durante o preenchimento do guião os alunos manifestaram algumas dúvidas e solicitaram que voltasse a exhibir determinados trechos do documentário. Posto isto, uma sugestão de melhoria poderá ser a entrega dos guiões antes do visionamento, aconselhando a sua leitura *à priori*, de forma que ao detetarem determinadas palavras-chave as associem às questões anteriormente lidas e identifiquem rapidamente a resposta acertada. Esta estratégia conduzia, na minha opinião, não só numa maior concentração por parte dos alunos durante o visionamento, mas também na aquisição de uma aprendizagem mais significativa.

Um outro entrave à aprendizagem pretendida com esta atividade poderá ser surgido, em alguns casos, relacionado com a exibição do documentário com o áudio

em inglês e legendas em português. Embora tenham sido providenciadas colunas de som, foi evidente que muitos alunos têm dificuldade em compreender a língua inglesa falada e em pontos mais distantes da tela os alunos podem ter tido uma maior dificuldade em ler inequivocamente as legendas.

Na segunda parte da aula, foram perceptíveis as dificuldades de alguns alunos em alcançar certas concepções mentais, nomeadamente as diferenças entre as três teorias fixistas apresentadas, e também alguns termos e conceitos-chave sobre o Lamarckismo, em particular o que significa o uso e do desuso de determinado órgão, assim como o que são caracteres adquiridos. Contudo os alunos mostraram-se no geral interessados por adquirir novos conhecimentos e colocaram questões no sentido de esclarecer as suas dúvidas.

É de salientar que nesta aula estava planeado apresentar um último diapositivo explicitando as fragilidades da teoria de Lamarck, com o objetivo de suscitar a curiosidade nos alunos e motivá-los para a pesquisa autónoma de outras teorias evolucionistas. No entanto, por limitação de tempo, este assunto apenas foi apresentado na aula seguinte.

Guião do documentário

Apesar da ligeira agitação demonstrada pelos alunos durante a exibição do documentário, estes foram assertivos em 96% das respostas dadas nos questionários. A existência de fatores de enviesamento (tal como a discussão com os colegas da mesma mesa das questões apresentadas), foi parcialmente detetada na aula seguinte, aquando da resolução oral em turma destas mesmas questões.

3ª AULA

Diário de aula e notas sobre os exercícios propostos

Com base nos avanços da ciência contemporânea e nos conhecimentos de base que estes alunos dispunham, a contestação da lei dos caracteres adquiridos da teoria de Lamarck foi amplamente aceite pela turma. Esta sensação de domínio dos conteúdos, em certo modo, despertou a curiosidade dos alunos pela teoria de Darwin (e pela tentativa de descobrir as suas fragilidades).

Durante a correção do guião do documentário, e tendo em conta que tinham passado dois dias após o visionamento do mesmo, as justificações dadas oralmente para determinadas respostas não foram completamente assertivas. Tal como já

referido na análise do guião do documentário, esta incerteza também se poderá ter devido ao fato de alguns alunos terem pedido auxílio aos colegas de mesa para a resolução do questionário, acabando por não assimilar os conteúdos veiculados por esta atividade. Foi importante, nesta fase, desmistificar algumas concepções alternativas sobre o que são formas sintéticas de transição, variabilidade intra-específica, seleção natural, entre outros conceitos essenciais do Darwinismo. Foi, também, com este objetivo que a correção do guião foi realizada oralmente em sala de aula, pois só assim estariam criados os alicerces necessários para então compreender em profundidade a teoria evolucionista de Darwin. Uma possível sugestão de melhoria poderá passar por enquadrar a correção oral do guião na mesma aula da exibição do documentário; contudo, para tal, a apresentação das teorias fixistas e do Lamarckismo deverão ocorrer numa aula anterior, tendo em conta a limitação de tempo da aula a 90 minutos.

4ª AULA

Diário de aula

Nesta segunda aula de registo de observações ao microscópio ótico, os alunos mostraram-se mais autónomos e dinâmicos, embora alguns mantivessem certas dificuldades técnicas básicas relativas ao manuseamento do microscópio e ao detalhe do desenho científico. A maioria dos alunos solicitou auxílio para efetuar as medições dos espécimes observados.

Durante a revisão dos pressupostos de cada teoria evolucionista, os alunos mostraram-se atentos e expectantes, participando ativamente e completando oralmente os raciocínios explicativos da evolução de espécies-exemplo. O fato de desconhecerem, nesta fase, qual seria a teoria de iriam defender, desencadeou nos alunos, pelo menos em alguns deles, a vontade de saber argumentar pelas duas teorias. Esta estratégia relevou não só um espírito de competitividade saudável dentro da turma, mas também se tornou mais proveitosa em termos de aquisição efetiva de uma aprendizagem significativa. Por conseguinte, foi realizado um sorteio aleatório para distribuir os alunos por uma das duas teorias em estudo, o que se revelou um método justo e imparcial para a formação de grupos equiparados.

Com este debate, os alunos foram capazes de atingir o objetivo pretendido para esta atividade; muito embora, ao fim de alguns exemplos de espécies, os argumentos utilizados se tenham tornado repetitivos. Uma sugestão para minimizar

esta situação seria entregar a cada grupo cartões com a imagem de uma espécie, mas que no verso continham tópicos das adaptações ao habitat, de modo a orientar os discursos lamarckista vs darwinista. Uma outra possibilidade seria, de acordo com a teoria respetiva, um aluno contar uma pequena história do percurso evolutivo de um animal, explicando o habitat, o tipo de alimentação e o modo de locomoção, mas sem mencionar o nome da espécie; no final o outro grupo iria tentar adivinhar qual o animal em questão.

Grelha de registo de observações do debate

Os dois turnos demonstraram uma participação heterogénea no debate. No primeiro turno, os grupos eram formados por elementos mais introvertidos, que permaneciam mais calmos e menos fervorosos a defender a teoria pela qual estavam a argumentar, sendo que em alguns casos (cerca de 10%) mantinham-se totalmente passivos e só contribuíam para o debate quando solicitados. Neste aspeto, os elementos de cada grupo não contribuíam da mesma maneira para o debate, existindo um ou dois porta-vozes de cada grupo que acabavam por participar mais ativamente.

Por sua vez, os grupos do segundo turno eram formados por elementos mais irrequietos e participativos, pelo que se gerou uma maior dinâmica na troca de argumentos entre os dois grupos.

Em ambos os turnos, foi claramente manifestada uma maior resistência dos alunos em argumentar pela teoria de Lamarck, em parte por já saberem as suas fragilidades e compreenderem que atualmente os seus pressupostos possuem falhas. No entanto, foi registado um número considerável de casos em que os alunos conseguiram alcançar a classificação de “BOM” nos três pontos avaliados: “participação no debate”, “compreensão da teoria defendida” e “poder de argumentação”.

5ª AULA

Diário de aula e notas sobre os exercícios propostos

A divulgação de informações sobre a visita de estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa gerou uma entropia associada à habitual agitação no início da aula, pelo que foram necessários cerca de 20 minutos para conseguir passar toda a informação e esclarecer as dúvidas iniciais relativas ao relatório a elaborar.

A exposição dos argumentos que apoiam o evolucionismo originou algumas dúvidas por parte dos alunos, nomeadamente no que respeita à anatomia comparada de órgãos de diferentes espécies e a sua relação em termos evolutivos. Foi frequente a confusão entre órgãos homólogos e análogos, e em associá-los aos conceitos de evolução convergente e divergente.

Neste sentido, relevou-se fundamental a realização de um exercício oral com toda a turma, para que as dúvidas remanescentes pudessem ser clarificadas. A escolha de um exercício de exame vai de encontro à exigência que é estabelecida neste tipo de provas e com a qual os alunos necessitam de ter contacto e de saber interpretar. Uma das dificuldades evidenciadas pela maioria dos alunos na resolução do exercício de exame foi identificar os membros posteriores e anteriores dos cetáceos, bem como a leitura da escala temporal da imagem. Estas duas situações revelam como é essencial os alunos disporem de estruturas cognitivas de base para sobre estas poderem acomodar novos conhecimentos.

6ª AULA

Diário de aula

Esta aula teve como fio condutor a orientação dos alunos no sentido de desenvolverem um espírito inquiridor e investigativo.

Por um lado, para a elaboração do relatório após a visita de estudo ao Jardim Zoológico, assumiu-se que a observação natural permitiria aos alunos observar e estudar atentamente o animal, recolhendo assim mais dados para argumentar o seu trabalho, não só em termos de características físicas com também as suas particularidades de comportamento. Aos serem apontados alguns exemplos de animais para este estudo, esta sugestão pressupôs que os alunos tomassem a iniciativa de autonomamente procurarem informações sobre um ou outro animal, antes da visita, para que *in loco* pudessem tomar uma decisão mais consciente e informada.

Por outro lado, com a atividade laboratorial do tipo investigativo planificada para a 7ª aula, pretendeu-se que os alunos deste nível de ensino desenvolvessem competências que lhes permitissem refletir, planificar, executar e analisar (ao invés de simplesmente ler uma “receita” e reproduzi-la), e com esta aula de preparação

esse objetivo foi atingido. Assim, e por sugestão da professora cooperante, optei por realizar a introdução à atividade experimental nesta aula.

A introdução à atividade experimental implicou que os alunos se recordassem de conteúdos lecionados no 1º período, sobre os fenómenos biológicos que geram diversidade genética, e, de uma forma geral, toda a turma tinha minimamente presentes os conceitos-chave de mutação, meiose, fecundação e recombinação genética. Quando questionados sobre as dúvidas deixadas em aberto pelo Darwinismo, foi intuitiva para os alunos a relação desses fenómenos biológicos com a existência de uma variabilidade genética intra-específica. Numa abordagem inicial da presença de bactérias (em simbiose) no corpo humano e da utilização de agentes antibacterianos em algumas atividades quotidianas, os alunos mantiveram-se assertivos e cooperantes. Contudo, após a apresentação do problema-central deste trabalho investigativo, a turma já não foi tão perspicaz nem autónoma na nomeação das variáveis em estudo, necessitando de algum direcionamento e apoio, até que as elações retiradas lhes permitiram elaborar conclusões.

7ª Aula

Diário de aula

A preparação do meio de cultura não se encontrava incluída no protocolo experimental apresentado aos alunos, devido ao fato de o seu processo de produção ser lento e demorado, ocorrendo ao longo de 3 dias consecutivos (método de esterilização fracionada). Assim, o meio foi preparado dias antes da 7ª aula e no momento da sua utilização encontrava-se no estado sólido, pelo que foi necessário aquecê-lo durante a aula para que liquidificasse, processo este que foi mais demorado do que o esperado. A adicionar a este contratempo, o processo de esterilização e o aquecimento prévio do meio antes da preparação das placas fizeram com que a quantidade de meio diminuísse de uma forma significativa, resultando na formação de menos placas que o necessário e com pouca quantidade de meio (cerca de 5 mililitros). A solução mais prática encontrada foi eliminar as placas de controlo

Uma sugestão para a reformulação desta atividade passa por fazer uma maior quantidade de meio total (dando alguma margem de erro devida à evaporação), considerando um volume maior de meio em cada caixa (cerca de 15 mililitros), e contabilizando pelo menos um caixa extra por grupo, de forma a minimizar o impacto de erros ao se verter o meio para o interior da caixa. Em suma, a quantidade avultada

de meio que desta forma seria necessária, especialmente em turmas numerosas como esta, sugere uma reformulação da atividade. São exemplos disso, a eliminação de algumas variáveis independentes (utilizando apenas um tipo de bactérias e um tipo de agente bacteriano); ou então atribuindo um protocolo a cada grupo e não a cada aluno – grupos A, B, C e D. Estas hipóteses, embora ponderadas, foram inicialmente rejeitadas por não implicarem um trabalho de bancada individual por aluno, e ainda porque iriam conduzir à obtenção de um melhor número de resultados comparáveis, sendo assim mais difícil retirar conclusões objetivas.

Nesta aula estava planificada o preenchimento de uma grelha de registo das competências práticas evidenciadas pelos alunos. No entanto, devido aos contratempos anteriormente mencionados, a gestão prevista do tempo de aula sofreu alterações inesperadas, e no sentido de prestar um melhor acompanhamento dos alunos na realização da atividade, o preenchimento da grelha não foi realizado.

Relatório da atividade investigativa laboratorial

Uma análise global dos relatórios permitiu evidenciar os pontos fracos evidenciados na maioria dos trabalhos dos alunos. Na maioria dos casos, a introdução teórica ao tema não foi rigorosa e suficiente para a compreensão do trabalho e discussão dos resultados. Os métodos e procedimentos também não foram descritos de forma completa e meticulosa, mesmo embora os alunos tivessem acesso aos protocolos entregues durante a atividade laboratorial. Em alguns casos, discussão foi pertinente, aprofundada e rigorosa; contudo, alguns alunos mostraram a necessidade de melhorar a sua capacidade argumentativa. A integração de informação teórica (incluída na introdução) e evidências na discussão dos resultados sendo clara a distinção entre elas, também não foi totalmente conseguida pela generalidade dos alunos. Não obstante, foram várias as situações em que os alunos discutiram os resultados não alcançados, apontando-se hipóteses explicativas, possíveis falhas na execução experimental e formas de a melhorar, o que constituiu um ponto positivo a assinalar nesta atividade. A avaliação média desta atividade foi de 14 valores.

8ª AULA

Diário de aula e notas sobre os exercícios propostos

Nesta última aula de conteúdos teóricos, os alunos demonstraram dominar os conceitos relativos às fontes de variabilidade genética dentro de uma espécie. Deste modo, a introdução de uma nova teoria evolucionista foi entendida de uma forma geral pelos alunos, à luz dos avanços da ciência e dos conhecimentos prévios de que dispunham sobre o tema. Contudo, a utilização dos mecanismos de evolução como fatores promotores mostrou-se mais problemática. Apesar de estarem acomodados os conhecimentos relativos a conceitos como variabilidade intraespecífica, mutações, recombinação genética e seleção natural, foi notória alguma ambiguidade na utilização de termos como a migração (fluxo genético) e a deriva genética, ou até mesmo os cruzamentos não ao acaso e a seleção artificial. Esta incerteza originou alguns erros nas respostas orais na resolução do exercício de exame que foram desmistificadas, muito embora tenha permanecido a dúvida se os alunos conseguirão utilizar estes conceitos inequivocamente em exercícios futuros.

9ª Aula

Diário de aula

Considerando que o trabalho a realizar nesta aula ocorreu em grupo e com todos os alunos da turma presentes em sala, gerou-se alguma agitação e desorganização no método de trabalho, relativamente à contagem das colónias e do registo dos resultados. Foram frequentes os pedidos de auxílio por parte dos alunos para efetuar as contagens e despistar resultados dúbios quando as colónias de bactérias se sobrepunham. Após a recolha de todos os dados, foi possível em conjunto com a turma discutir alguns resultados menos esperados, e retirar uma ou outra consideração preliminar. Finda esta atividade prática, os alunos dispunham das condições necessárias para apresentarem um relatório da atividade laboratorial do tipo investigativo.

Para concluir, foram dadas as últimas as orientações para o relatório de campo antes da visita de estudo ao Jardim Zoológico.

10ª Aula

Diário da aula

Como é espetável numa visita de estudo, o contexto informal proporcionou momentos de maior descontração e agitação por parte dos alunos, o que numa turma numerosa exigiu uma maior gestão do grupo e do seu ritmo, em comparação com uma aula formal em contexto de sala de aula.

São de destacar alguns momentos mais marcantes da visita. O encontro com o treinador dos golfinhos, que correspondeu à segunda atividade da manhã, foi um momento determinante, na minha opinião, para a sensibilização dos alunos para a vida dos animais em jardins e parques zoológicos. Este diálogo aberto, em tom de conversa informal, possibilitou uma empatia natural dos alunos com o treinador, e abriu espaço para a compreensão do papel destas instituições na conservação das espécies, assim como na promoção de uma melhor convivência do Homem nos habitats naturais destes animais.

A visita guiada constituiu um ponto fundamental em termos de transmissão de conhecimentos e ligação aos conteúdos programáticos da unidade, e os alunos foram capazes de interagir com a guia, interpretar a evolução de alguns casos particulares de animais e daí retirar dados relevantes para a elaboração do relatório *à posteriori*.

Em suma, esta visita de estudo contribuiu de forma positiva para aquisição e acomodação das aprendizagens visadas para esta unidade temática, e representou o culminar de uma prática de ensino exigente mas muito proveitosa, cuja influência está sempre presente no meu futuro percurso profissional.

Trabalho de estudo de um caso recolhido em campo

Neste trabalho os alunos mostraram ter compreendido o objetivo pretendido, e executaram de forma satisfatória o estudo do animal escolhido, evidenciando os dados recolhidos em campo que apoiam a formulação do percurso evolutivo da espécie em causa. A classificação média obtida foi de aproximadamente 14 valores.

11ª AULA

Teste de avaliação sumativa

A avaliação dos dois grupos de questões sobre os conteúdos desta unidade temática foi positiva para todos os alunos, o que permite concluir que os objetivos mínimos foram atingidos. As maiores dificuldades foram sentidas na questão sobre os ancestrais dos cloroplastos e das mitocôndrias, e na indicação da sequência cronológica dos acontecimentos do processo evolutivo, segundo a perspectiva neodarwinista.

Questionário de auto-avaliação.

A análise dos questionários permitiu concluir que os alunos atribuíram a classificação de “BOM” à maioria das questões formuladas, relativamente às atividades práticas propostas e à sua execução. A atividade que a maioria dos alunos preferiu foi a visita de estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa, e alguns manifestaram que a atividade que menos gostaram foi a realização do relatório. O assunto preferido foi o Darwinismo, enquanto que o menos gostado foi a origem da multicelularidade. As maiores dificuldades foram sentidas em relação às estruturas homólogas e análogas (argumentos anatómicos), e o Darwinismo foi indicado como o assunto de mais fácil compreensão. Estes resultados estão de acordo com a minha perceção em aula das dificuldades dos alunos.

CAPÍTULO VII - BALANÇO REFLEXIVO

1. RESPOSTA ÀS QUESTÕES ORIENTADORAS DA INVESTIGAÇÃO

Recordando a questão-problema central da componente investigativa deste trabalho: “Quais as potencialidades e limitações de diferentes tipos de atividades práticas na aprendizagem dos mecanismos de evolução biológica por alunos do 11º ano do Ensino Secundário?”, esta foi abordada, numa primeira análise, através das duas questões orientadoras da investigação: “que dificuldades demonstram os alunos na execução das atividades e na aplicação dos conceitos sobre a evolução biológica?” e “como pode o professor ajudar os alunos a contornar as suas principais dificuldades, quando desenvolvem atividades práticas sobre evolução?”.

“Que dificuldades demonstram os alunos na execução das atividades e na aplicação dos conceitos sobre a evolução biológica?”

A primeira e mais evidente dificuldade manifestada pelos alunos que foram alvo deste estudo foi a execução de atividades práticas do tipo laboratorial, a nível do domínio técnico. Foram desenvolvidas duas atividades distintas desta natureza. Na primeira, os alunos deveriam ser capazes de proceder autonomamente à observação ao microscópio ótico de preparações definitivas. Tal pressupunha que os alunos já teriam realizado este tipo de atividades em anos anteriores, não só no âmbito desta disciplina mas também da disciplina de Ciências Naturais. No entanto, esta competência prática não se encontrava desenvolvida na grande maioria dos alunos.

Em segundo lugar, a realização do debate implicava, não só dominar os pressupostos da teoria defendida, mas também ter desenvolvidas as competências de argumentação e de comunicação, o que em alguns casos se provou não ser suficiente.

Em último lugar, as principais dificuldades evidenciadas relacionadas com a aplicação de conceitos sobre a evolução biológica prenderam-se com a atribuição de conceitos a exemplos concretos, como aconteceu com os exercícios sobre anatomia comparada e sobre os fatores promotores de evolução nas espécies.

“Como pode o professor ajudar os alunos a contornar as suas principais dificuldades, quando desenvolvem atividades práticas sobre evolução?”

De acordo com a perspectiva construtivista, e também no meu ponto de vista, que atualmente se encontra influenciado pela minha própria experiência de aprendizagem adquirida com esta intervenção, o professor deve manter um papel auxiliador, orientador e motivador. Quando o aluno se encontra num momento de dúvida e de incerteza, é necessário que o professor esteja alerta e presente para o orientar, clarificar possibilidades e caminhos, podendo até auxiliar nos primeiros passos para que o aluno se sinta encorajado a tentar descobrir novos conhecimentos e a adquirir novas competências.

As estratégias e metodologias não devem, contudo, ser estáticas e universais para todos os alunos de um determinado nível de ensino. Há, sim, necessidade de “ler” o público (também por isso a importância das atividades de diagnóstico e de auto-avaliação), de se adaptar os conteúdos, os métodos, os instrumentos, e de nos adaptarmos nós, professores, para que os alunos consigam de facto atingir os objetivos propostos, realizar aprendizagens significativas, e ultrapassar as suas dificuldades enquanto indivíduos singulares e enquanto grupo de trabalho cooperativo.

“Quais as potencialidades e limitações de diferentes tipos de atividades práticas na aprendizagem dos mecanismos de evolução biológica por alunos do 11º ano do Ensino Secundário?”

Uma vez dada resposta às duas questões orientadoras da investigação, abriu-se assim o caminho para descortinar quais são, verdadeiramente, as potencialidades e limitações das diferentes atividades práticas empregues neste estudo.

Por um lado, de uma forma geral, as potencialidades resumem-se ao desenvolvimento das competências fundamentais não só para o aluno compreender os mecanismos de evolução biológica, mas também saber usá-los em casos concretos. Deste modo, além das competências conceptuais que sustentam a base do raciocínio científico, desenvolvidas através das atividades práticas propostas,

estas promoveram ainda o desenvolvimento de competências atitudinais, de comunicação e de expressão oral e escrita. Esta evidência foi principalmente detetada com os relatórios da atividade investigativa realizada, mas não só. Através do debate realizado e do trabalho de estudo do percurso evolutivo de uma espécie animal, os alunos mostraram ter desenvolvido um espírito crítico, um olhar inquiridor da realidade que os rodeia, e até mesmo uma motivação para defender os argumentos em que acreditam. Assim, esta intervenção letiva provou ter desempenhado um papel importante para a formação dos alunos, não só a nível do currículo de biologia e geologia, mas também enquanto futuros cidadãos ativos e participativos numa sociedade que assim o exige.

Por outro lado, as limitações que estas atividades podem constituir, prendem-se essencialmente com a falta de competências de bases que se assumiram pré-existentes. Este foi o caso geral das competências técnicas em laboratório, como o manuseio do microscópio ótico e a realização de desenhos científicos. Relativamente às competências concetuais, em casos pontuais, a falta de pontes cognitivas (organizadores prévios), também se mostrou ser um entrave à aquisição e assimilação de novos conhecimentos.

No entanto, o balanço efetuado tanto por mim como pelos alunos (através do questionário de auto-avaliação) é bastante positivo, uma vez as potencialidades das atividades propostas mostraram ter um peso muito maior do que as suas limitações, e os resultados dos elementos de avaliação realizados são a prova disso.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta foi, sem a menor dúvida, a melhor experiência de prática de ensino que desenvolvi até hoje, tanto a nível do meu “crescimento” enquanto professora, quanto a nível do meu “enriquecimento” pessoal. A importância da análise reflexiva do meu desempenho e da sua influência nas aprendizagens dos alunos, que até esta intervenção não estava totalmente compreendida por mim, foi determinante para que me questionasse a mim própria, que tentasse fazer melhor e *ser* melhor. Tendo a consciência que este será sempre um processo inacabado e em constante atualização, espero ansiosamente por novos desafios, novas oportunidades de poder aprender e ensinar, de errar e melhorar, nunca desistindo de tornar a Ciência num marco importante na educação nos novos cidadãos que ajudei a formar.

REFERÊNCIAS

- Ausubel, D. P., Novak, J., & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Azevedo, M. (2004). Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. Em A. Carvalho, M. Azevedo, & V. B. Nascimento, *Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa à prática* (pp. 19 – 32). São Paulo: Thomson.
- BBC. (2009). *Charles Darwin e a Árvore da Vida - Charles Darwin and the Tree of Life*. Obtido em 2 de outubro de 2016, de <https://vimeo.com/39225113>
- Bettencourt, T. (1997). *Possíveis razões para uma utilização educativa da Internet*. *Actas do 2º Simpósio Investigação e Desenvolvimento de Software Educativo*. Coimbra: Departamento de Engenharia Informática da Universidade de Coimbra.
- BioGeoLearning. (2013). *Recursos de apoio à disciplina de Biologia e Geologia*. Obtido em 8 de outubro de 2016, de <http://biogeolearning.com/site/v1/biologia-11o-ano-indice/evolucao-biologica/>
- Bruner, J. (1986). *Actual minds, possible words*. Cambridge: Harvard University Press.
- Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2004). *Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: Um repensar epistemológico*. (Vol. 10). Revista Ciência & Educação.
- Carbonell, J. (2002). A aventura de inovar: a mudança na escola. Em *Coleção Inovação Pedagógica*. Porto Alegre: Artmed.
- Carvalho, A. M. (2010). *As práticas de investigação com alunos de 10.º ano de escolaridade: um contributo para a aprendizagem em Biologia*. *Dissertação (Mestrado)*. Lisboa: Universidade de Lisboa/ Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- Colégio Vasco da Gama. (2012). *Biologia 11ºano*. Obtido em 8 de outubro de 2016, de <http://www.colegiovascodagama.pt/ciencias3c/onze/biologiaunidade7.html>
- Correia, N. (11 de julho de 2015). *Evolução biológica (fixismo e evolução)*. Obtido de <http://docslide.com.br/education/bg-22-evolucao-biologica-fixismo-e-evolucao.html>
- De Frutos, J. A., Moreno, Á., Soto, R., & Contreras, R. M. (1996). Sendas ecológicas: un recurso didáctico para el conocimiento del entorno. *Editorial CCS*, 15.
- Dias, D. P. (1996). *Biologia viva*. São Paulo: Moderna.
- Dourado, L. (2001). Trabalho prático, trabalho laboratorial, trabalho de campo e trabalho experimental: contributo para uma clarificação de termos. Em *(Re)Pensar o Ensino das Ciências* (pp. 13-18). Lisboa: Ministério da Educação.
- Fernandes, J. A. (2007). *Você vê essa adaptação? A aula de campo em ciências entre o retórico e o empírico*. *Tese (Doutorado em Educação)*. São Paulo: Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

- Ferreira, M. A. (2008). *Transformismo e Extinção de Lamarck à Darwin*. Obtido em 8 de outubro de 2016, de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8133/tde-24102007-150401/>
- Fosnot, C. T. (1998). Construtivismo: Uma Teoria Psicológica da Aprendizagem. Em C. T. Fosnot, *Construtivismo: Teoria, perspectivas e prática pedagógica* (pp. 25-50). São Paulo: Artes Médicas.
- Freire, A. M. (2009). Reformas curriculares em ciências e o ensino por investigação. *Actas do XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências*. Castelo Branco.
- Galvão, C., Reis, P., Freire, S., & Faria, C. (2011). *Ensinar Ciências – Aprender Ciências. O contributo do Projecto Internacional PARSEL para tornar a Ciência relevante para os alunos*. Porto: Porto Editora e Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- Hodson, D. (1988). Experiments in science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 2, pp. 53-66.
- Lei n.º 49/2005. (30 de Agosto de 2005). Lei de Bases do Sistema Educativo.
- Leite, L., & Esteves, E. (2005). *Análise crítica de actividades laboratoriais: Um estudo envolvendo estudantes de graduação*. (Vol. 4 (1)). Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.
- Lopes, J., & Silva, H. S. (2009). A Aprendizagem Cooperativa na sala de aula – um guia prático para o professor. *Lidel - Edições Técnicas*, 4.
- Margulis, L. (1993). *Symbiosis in Cell Evolution: Microbial Communities in the Archean and Proterozoic Eons* (2ª Ed. ed.). New York: W.H. Freeman and Co.
- Martins-Loução, & A., M. (23 de maio de 2007). *O legado de Lineu e os novos paradigmas da botânica*. Obtido em 8 de outubro de 2016, de Público: <https://www.publico.pt/mundo/jornal/o-legado-de-lineu--e-os-novos-paradigmas-da-botanica-215826>
- Miguéns, M. I. (1999). *O Trabalho Prático e o Ensino das Investigações na Educação Básica. Ensino experimental e construção de saberes*. Lisboa: CNE-ME.
- Ministério da Educação. (2001a). *Programa de Biologia e Geologia 10º ou 11º anos – Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Departamento do Ensino Secundário.
- Ministério da Educação. (2001b). *Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares - 3º Ciclo*. Departamento da Educação Básica.
- Ministério da Educação. (2003). *Programa de Biologia e Geologia 11º anos - Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Departamento do Ensino Secundário.
- Ministério da Educação. (2004). *Programa de Biologia 12º ano – Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular.

- Morais, R. (1998). *Sala de aula: que espaço é esse?* (Vol. 3). Campinas, São Paulo: Papirus.
- National Research Council (NRC) . (1996). National Science Education Standards. Washington DC: National Academy Press.23.
- OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico. (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and problem solving knowledge and skills*. Obtido de <http://www.oecd.org/dataoecd/46/14/33694881.pdf>
- Paiva, J. C., & Gaspar, M. F. (2005). Atividades participadas pelos pais na aprendizagem da Química (PAQ). *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 97, 73-79.
- Parque Escolar. (s.d.). *Portal da Parque Escolar*. Obtido em 8 de outubro de 2016, de <https://www.parque-escolar.pt/pt/escola/088>
- Pazza, R. (2004). *O que é Evolução Biológica*. Obtido em 8 de outubro de 2016, de Darwin – Projeto Evoluindo: http://www.darwin.bio.br/?page_id=15
- Pujolàs, P. (2001). *Atención a la diversidad y aprendizaje cooperativo en educación obligatoria*. Málaga: Ediciones Aljibe.
- Roldão, M. C. (2008). *Gestão do Currículo e Avaliação de Competência - As questões dos professores* (5ª ed.). Lisboa: Editorial Presença.
- Sales, R. V. (2009). *Estratégias Narrativas para uma Escrita Acadêmica Apropriada e Educativa*. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Silva, A. D., Mesquita, A. F., Gramaxo, F., Santos, M. E., & Baldaia, L. F. (2008). *Terra, Universo da Vida*. Porto: Porto Editora.
- Silva, G. M. (28 de agosto de 2011). *Biogil: A Origem e a Evolução da Vida*. Obtido em 8 de outubro de 2016, de <http://biogilmendes.blogspot.pt/2011/08/origem-e-evolucao-da-vida.html>
- Understanding Evolution. (s.d.). *Evidence for endosymbiosis*. Obtido em 8 de outubro de 2016, de http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/_0_0/endosymbiosis_04
- Veiga, F. H. (2010-2011, no prelo). *Psicologia da Educação: Teoria, Investigação e Aplicação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Viveiro, A. A., & Diniz, R. E. (2009). Atividades de campo no ensino das ciências e na educação ambiental: refletindo sobre as potencialidades desta estratégia na prática escolar. *Ciência em tela*, 2, 1-12.

APÊNDICES

APÊNDICE I - PLANOS DE AULA

ESCOLA SECUNDÁRIA DE VERGÍLIO FERREIRA

Biologia e Geologia – 11.º ano, turma 5

Planificação 2.º Período – Unidade 7: Evolução Biológica

2014/2015

1.ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
93, 94 e 95	Turnos - 135' cada	6 de janeiro de 2015
<p>Sumário: Ficha de diagnóstico de conhecimentos prévios.</p> <p>Dos seres procariotes aos seres eucariotes: modelos explicativos.</p> <p>Origem da multicelularidade: exemplos de seres coloniais e pluricelulares.</p>		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
Unicelularidade e multicelularidade	<p>Modelos da origem dos seres eucariotes.</p> <p>Especialização celular em organismos coloniais e multicelulares.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Sistematizar as diferenças entre células procarióticas e eucarióticas (revisões). Detetar conceitos prévios sobre a origem da diversidade nos seres vivos. Estabelecer comparações entre os dois modelos explicativos do aparecimento dos organismos unicelulares eucariotes. Compreender a origem da multicelularidade como resultado do aumento de complexidade e da especialização <u>morfofisiológica</u> dos seres coloniais. Relacionar a <u>pluricelularidade</u> com a diferenciação celular. 	<p>Ficha de diagnóstico.</p> <p>Revisões da estrutura de células procarióticas e eucarióticas.</p> <p>Modelos autogenético e endossimbótico: interpretação de esquemas comparativos.</p> <p>Atividade laboratorial: observação microscópica de preparações definitivas de seres eucariotes unicelulares (do género <u>Paramecium</u>) e coloniais (do género <u>Volvox</u>).</p> <p>Elaboração de uma <u>ficha de registo</u> <u>de observações</u> e respetiva medição estimada.</p>

2ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
96 e 97	Turma - 90'	7 de janeiro de 2015
Sumário: Visionamento de um documentário sobre a teoria evolucionista de Darwin e a importância do estudo dos fósseis e respetivo questionário. Teorias fixistas e evolucionistas. Introdução ao Lamarckismo.		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
Evolucionismo e fixismo	Teorias fixistas vs evolucionistas: o contributo dos fósseis. Lamarckismo.	<ul style="list-style-type: none"> Recolher, organizar e interpretar dados de natureza diversa relativos ao evolucionismo e aos argumentos que o sustentam, em oposição ao fixismo. Valorizar o conhecimento da história da ciência para compreender as perspetivas atuais. Reconhecer o carácter provisório dos conhecimentos científicos, bem como da importância epistemológica das hipóteses. Aplicar conceitos relacionados com a adaptação dos seres vivos ao meio ambiente, na interpretação de exemplos reais segundo a teoria lamarckista. 	Visionamento de pequeno documentário sobre a viagem de Darwin e fósseis de transição. Preenchimento de um guião sobre o documentário. Teorias fixistas e suas fragilidades. Lamarckismo: leis do uso e do desuso e da herança dos caracteres adquiridos.

ESCOLA SECUNDÁRIA DE VERGÍLIO FERREIRA

Biologia e Geologia – 11.º ano, turma 5

Planificação 2.º Período – Unidade 7: Evolução Biológica

2014/2015

3ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
98 e 99	Turma-90'	9 de janeiro de 2015
Sumário: Teorias evolucionistas: Fragilidades do Lamarckismo. Correção do questionário do documentário visionado na lição anterior. Introdução ao Darwinismo.		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
Evolucionismo e fixismo	Teorias evolucionistas: Lamarckismo e Darwinismo.	<ul style="list-style-type: none"> Reconhecer o carácter provisório dos conhecimentos científicos, bem como da importância epistemológica das hipóteses. Aplicar conceitos relacionados com a adaptação dos seres vivos ao meio ambiente, na interpretação de exemplos reais segundo as duas teorias evolucionistas. 	<p>Fragilidades do Lamarckismo.</p> <p>Correção em turma do guião sobre o documentário.</p> <p>Darwinismo: variabilidade intra-específica e seleção natural.</p> <p>Resolução de exercícios de aplicação.</p>

ESCOLA SECUNDÁRIA DE VERGÍLIO FERREIRA

Biologia e Geologia – 11º ano, turma 5

Planificação 2.º Período – Unidade 7: Evolução Biológica

2014/2015

4ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
100, 101 e 102	Turnos-135'	13 de janeiro de 2015
<p>Sumário: Conclusão da atividade prática: observação microscópica de preparações definitivas de seres eucariontes unicelulares e coloniais.</p> <p>Teorias evolucionistas: Confronto entre Lamarckismo e Darwinismo – revisões.</p> <p>Debate em grupo – aplicação das teorias evolucionistas a casos de animais atuais.</p>		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
<p>Evolucionismo e fixismo</p>	<p>Teorias evolucionistas: Lamarckismo e Darwinismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer o carácter provisório dos conhecimentos científicos, bem como da importância epistemológica das hipóteses. • Aplicar conceitos relacionados com a adaptação dos seres vivos ao meio ambiente, na interpretação de exemplos reais segundo as duas teorias evolucionistas. 	<p>Conclusão da atividade laboratorial: observação microscópica de preparações definitivas de seres eucariontes unicelulares (do género <i>Paramecium</i>) e coloniais (do género <i>Volvox</i>). Elaboração de uma ficha de registo de observações e respetiva medição estimada.</p> <p>Debate em grupos: Lamarckismo vs Darwinismo.</p>

ESCOLA SECUNDÁRIA DE VERGÍLIO FERREIRA

Biologia e Geologia – 11.º ano, turma 5

Planificação 2.º Período – Unidade 7: Evolução Biológica

2014/2015

5ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
103 e 104	Turma-90'	14 de janeiro de 2015
<p>Sumário: Informações sobre a visita de estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa.</p> <p>Argumentos do Evolucionismo.</p> <p>Realização de exercícios de exame.</p>		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
<p>Evolucionismo e fixismo</p>	<p>Argumentos do evolucionismo</p>	<ul style="list-style-type: none"> Identificar os contributos de diferentes áreas científicas (ex. anatomia, citologia, química, paleontologia...) na fundamentação e consolidação do conceito de evolução. Aplicar conceitos relacionados com tipos de evolução (divergente/convergente) e de estruturas anatómicas (homólogos, análogos e vestigiais) em diferentes animais, e estabelecer a relação com o meio em que habitam. 	<p>Argumentos do evolucionismo: anatomia comparada, paleontológicos, citológicos e bioquímicos.</p> <p>Aplicação em exercícios de exame.</p>

ESCOLA SECUNDÁRIA DE VERGÍLIO FERREIRA

Biologia e Geologia – 11º ano, turma 5

Planificação 2.º Período – Unidade 7: Evolução Biológica

2014/2015

6ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
105 e 106	Turma-90'	16 de janeiro de 2015
<p>Sumário: Preparação da visita de estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa: esclarecimentos sobre o relatório a realizar.</p> <p>Preparação da atividade laboratorial da próxima aula.</p>		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
Evolucionismo e fixismo	Teorias evolucionistas.	<ul style="list-style-type: none"> Compreender o caráter investigativo de uma visita de estudo, e a necessidade de planeamento prévio para atingir os objetivos propostos. Compreender o caráter investigativo de um trabalho laboratorial, nomeadamente a hipótese a testar e o procedimento necessário para obter resultados conclusivos. 	<p>Planificação da atividade laboratorial: teste de sensibilidade de bactérias a agentes antimicrobianos.</p>

ESCOLA SECUNDÁRIA DE VERGÍLIO FERREIRA

Biologia e Geologia – 11.º ano, turma 5
Planificação 2.º Período – Unidade 7: Evolução Biológica
 2014/2015

7ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
107, 108 e 109	Turnos-135'	20 de janeiro de 2015
Sumário: Atividade laboratorial: teste de sensibilidade de bactérias a agentes antimicrobianos.		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
Evolutionismo e fixismo	Teorias evolucionistas.	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o caráter investigativo de um trabalho laboratorial, nomeadamente a hipótese a testar e o procedimento necessário para obter resultados conclusivos. • Desenvolver competências práticas de manuseamento de culturas bacterianas e técnicas laboratoriais de inoculação. • Desenvolver hábitos de organização e método, em laboratório. 	Atividade laboratorial: teste de sensibilidade de bactérias a agentes antimicrobianos.

ESCOLA SECUNDÁRIA DE VERGÍLIO FERREIRA

Biologia e Geologia – 11º ano, turma 5

Planificação 2.º Período – Unidade 7: Evolução Biológica

2014/2015

8ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
110 e 111	Turma-90'	21 de janeiro de 2015
<p>Sumário: Fontes de variabilidade genética: meiose, fecundação e mutações – revisões.</p> <p>Teorias evolucionistas: Neodarwinismo.</p> <p>Mecanismos de evolução. Resolução de exercícios de exame.</p>		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
Evolucionismo e fixismo	Teorias evolucionistas: Neodarwinismo	<ul style="list-style-type: none"> Identificar as fontes de variabilidade genética em indivíduos da mesma espécie, relacionando com os conceitos de fecundação, meiose e mutações génicas e cromossómicas com os tipos de reprodução - sexuada ou assexuada (revisões). Integrar estas fontes de variabilidade na teoria evolucionista de Darwin. Distinguir seleção natural de artificial, reconhecendo a sua importância em espécies com fins económicos e a problemática da introdução de espécies exóticas. 	<p>Revisões da origem da variabilidade genética na formação dos gametas e na fecundação.</p> <p>Neodarwinismo: fontes de variabilidade intra-específica.</p> <p>Aplicação em exercícios de exame.</p>

ESCOLA SECUNDÁRIA DE VERGÍLIO FERREIRA

Biologia e Geologia – 11.º ano, turma 5

Planificação 2.º Período – Unidade 7: Evolução Biológica

2014/2015

9ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
112 e 113	Turma-90'	23 de janeiro de 2015
<p>Sumário: Recolha e análise inicial dos resultados da atividade laboratorial sobre a sensibilidade de bactérias a agentes antibacterianos.</p> <p>Preparação da Visita de Estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa: objetivos e normas para o relatório.</p>		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
<p>Evolucionismo e fixismo</p>	<p>Teorias evolucionistas: Neodarwinismo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar resultados, discutir e retirar conclusões, reconhecendo a importância da experimentação em ciência. • Reconhecer que a variabilidade intra-específica em seres com reprodução assexuada resulta do aparecimento de alterações no material genético (mutações). • Compreender o caráter investigativo de uma visita de estudo, e a necessidade de planeamento prévio para atingir os objetivos propostos. 	<p>Recolha e análise dos resultados (em grupos), com base da teoria Neodarwinista.</p> <p>Preparação da Visita de Estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - normas para o relatório individual (objeto de estudo e pontos a abordar; estrutura do relatório). - revisão de exemplos de animais abordados nas teorias evolucionistas estudadas.

ESCOLA SECUNDÁRIA DE VERGÍLIO FERREIRA

Biologia e Geologia – 11.º ano, turma 5

Planificação 2.º Período – Unidade 7: Evolução Biológica

2014/2015

10ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
114, 115, 116, 117, 118 e 119	Turma-270'	27 de janeiro de 2015
Sumário: Visita de Estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa.		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
Evolucionismo e fixismo	Teorias evolucionistas.	<ul style="list-style-type: none"> • Recolher, organizar e interpretar dados de natureza diversa que fundamentam o processo evolutivo de uma espécie animal observada, segundo as teorias evolucionistas estudadas. • Sintetizar as conclusões retiradas, demonstrando a capacidade de aplicação de conceitos relacionados com as teorias evolucionistas. 	Visita de Estudo ao Jardim Zoológico de Lisboa.

ESCOLA SECUNDÁRIA DE VERGÍLIO FERREIRA

Biologia e Geologia – 11º ano, turma 5

Planificação 2.º Período – Unidade 7: Evolução Biológica

2014/2015

11ª Aula

Lições	Tipologia de aula	Data
126 e 127	Turma-270'	11 de fevereiro de 2015
<p>Sumário: Teste de Avaliação Sumativa. Questionários de <u>auto-avaliação</u>.</p>		

Tema	Assuntos	Objetivos	Atividades e material de apoio
<u>Unicelularidade e multicelularidade</u> Evolucionismo e fixismo		<ul style="list-style-type: none"> Demonstrar a capacidade de aplicação de conceitos relacionados com as teorias evolucionistas. 	<p>Teste de Avaliação Sumativa.</p> <p><u>Questionários de auto-avaliação.</u></p>

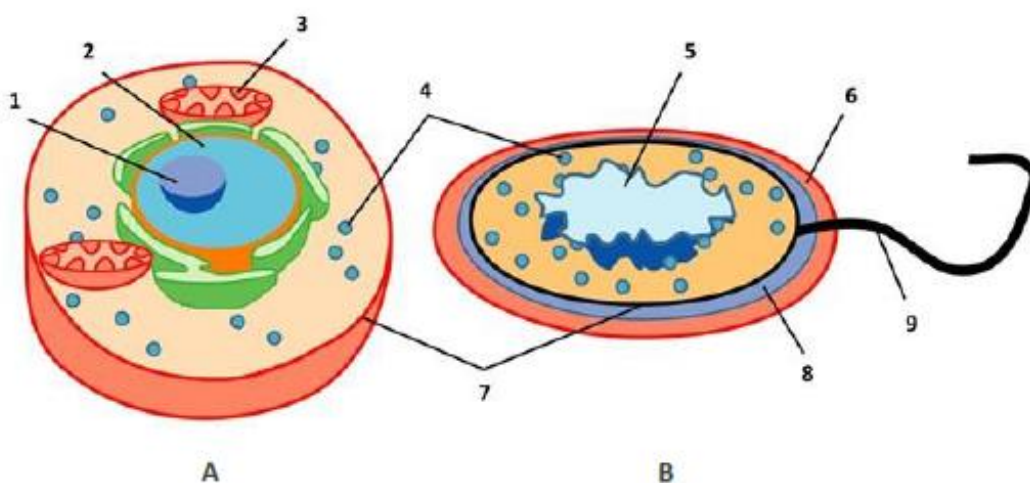
APÊNDICE II - QUESTIONÁRIOS

Nome: _____ N.º: _____ Data: 6 de janeiro de 2015

Ficha de Diagnóstico

GRUPO I

1 - Observe as seguintes figuras.



1.1 - Identifique, em cada caso, o tipo de célula representado.

A - _____ ; B - _____ .

1.2 - Faça a legenda da figura.

1 - _____ ; 6 - _____ ;

2 - _____ ; 7 - _____ ;

3 - _____ ; 8 - _____ ;

4 - _____ ; 9 - _____ .

5 - _____ ;

1.3 - Preencha a tabela da seguinte forma:

a) Assinale as afirmações verdadeiras (V) e as falsas (F) na coluna central.

b) Nas frases que considerou falsas (F), assinale na coluna da direita para qual das células, A ou B (ou ambas), a afirmação é correta.

Célula(s)	Afirmações	V ou F	Correção das falsas	
			A	B
A e B	Possui parede celular.	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nenhuma	É uma célula animal.	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nenhuma	Não possui núcleo organizado.	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Apenas A	Possui membrana citoplasmática.	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A e B	Não possui cloroplastos.	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Apenas A	É uma bactéria.	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Apenas B	Possui citoplasma.	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A e B	Possui nucleóide.	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.4 - Seleccione a única opção que completa as frases seguintes, de forma a obter uma afirmação correcta.

1.4.1 – A célula eucariótica é:

- ☐ a) mais complexa, quando comparada com a célula procariótica.
☐ b) mais simples, quando comparada com a célula procariótica.
☐ c) sempre de menor tamanho, quando comparada com a célula procariótica.
☐ d) Nenhuma das anteriores opções está correcta.

1.4.2 - Dos organelos seguintes o que não é rodeado por membrana é:

- ☐ a) a mitocôndria.
☐ b) o vacúolo.
☐ c) o nucleóide.
☐ d) o cloroplasto.

1.4.3 - As mitocôndrias e os cloroplastos partilham várias características comuns, por exemplo:

- ☐ a) Ambos são capazes de reprodução autónoma.
☐ b) Não são componentes do sistema endomembranar.
☐ c) Cada um contém uma pequena quantidade de DNA.
☐ d) Todas as opções anteriores.

2. Distinga seres unicelulares de seres pluricelulares.

GRUPO II

1. Defina sucintamente, por palavras suas, o que é a Evolução Biológica.

2. Assinale as frases verdadeiras (V) e as falsas (F) sobre a origem e a evolução dos seres vivos.

- ☐ a) Os seres eucariontes terão surgido na Terra primeiro que os seres procariontes.
- ☐ b) A evolução biológica é responsável pela explicação da origem da vida na Terra.
- ☐ c) A teoria da evolução é uma explicação de fenómenos observados na natureza, que não corresponde à explicação da religião em dar significado e razão para os mesmos, logo são incompatíveis.
- ☐ d) As bactérias são seres menos evoluídos que grande parte dos animais, considerando o seu tamanho.
- ☐ e) Os organismos estão sempre a melhorar através da evolução.
- ☐ f) Um organismo individual pode evoluir ao longo da sua vida.
- ☐ g) Os organismos melhor adaptados numa população são os mais fortes, mais saudáveis, mais rápidos e/ou maiores.
- ☐ h) Uma determinada espécie evolui sempre da mesma forma, para se tornar melhor adaptada ao ser habitat.
- ☐ i) As teorias evolucionistas apoiam que a vida evoluiu (e continua a evoluir) de forma aleatória, ao acaso.
- ☐ j) A seleção natural é, apenas, um dos mecanismos que conduz à evolução biológica.
- ☐ k) A evolução apenas ocorre de forma lenta e gradual, o que implica que o ser humano não a consegue influenciar.
- ☐ l) O ser humano não causa impacto negativo nos ecossistemas, uma vez que as espécies apenas desenvolvem o que precisam para sobreviver.

Bom trabalho!

A professora:
Diana Rodrigues

Nome: _____ N.º: _____

Guião do Documentário

Após o visionamento de dois excertos do documentário do canal BBC intitulado “Charles Darwin e a Árvore da Vida”, responda às seguintes questões.

1. Descreva sucintamente qual a primeira explicação para a origem das espécies apresentada no documentário, que se baseia no que está escrito na Bíblia?

2. Preencha os espaços com os termos/conceitos que permitem completar adequadamente as seguintes frases (Nota: a cada espaço apenas corresponde uma única palavra).

Ao 22 anos de idade, Charles Darwin fez uma viagem a bordo de um veleiro com o nome _____, no qual, após uma breve passagem pelo Brasil, chegou a um arquipélago de ilhas no Oceano Pacífico pouco conhecidas chamadas as _____. Aqui, ele afirmou conseguir distinguir tartarugas de diferentes ilhas apenas através da forma da _____. Assim, por um lado, se tivesse uma forma arredondada significaria que provinha de uma ilha com um clima _____, onde se alimenta de plantas rasteiras. Por outro lado, se tivesse uma protuberância na frente, esta viria de uma ilha cujo clima é _____, pois esta característica permitia-lhe alcançar vegetação mais alta.

3. Como chamou Darwin ao processo de sobrevivência do mais apto? _____

4. De que forma os fósseis são importantes para indicar a idade de rochas sedimentares dispostas em camadas?

5 - Seleccione a única opção que permite responder ou completar corretamente as seguintes frases.

5.1 - Como se chama o animal já extinto que representa um elo entre o grupos dos répteis e o das aves?

- ☐ a) Tentilhão.
- ☐ b) Ichthyostega.
- ☐ c) Ornitorrinco.
- ☐ d) Archaeopteryx.

5.2 - Como se chama o animal atual que representa um elo entre o grupos dos reptéis e o dos mamíferos?

- ☐ a) Tentilhão.
- ☐ b) Ichthyostega.
- ☐ c) Ornitorrinco.
- ☐ d) Archaeopteryx.

5.3 – A falta de um organismo que estabeleça o elo entre dois grupos de animais constitui:

- ☐ a) um argumento contra a evolução.
- ☐ b) um argumento a favor da evolução.
- ☐ c) um dado expetável visto que as condições ambientais para a formação de fósseis são raras.
- ☐ d) um fato que não influencia a teoria da evolução.

5.4 – Dos seguintes conceitos seleccione o que não é uma evidência da evolução.

- ☐ a) fósseis.
- ☐ b) aumento da massa muscular devido a exercício físico.
- ☐ c) semelhança embriológica entre as espécies.
- ☐ d) existência de estruturas vestigiais desprovidas de função.

6. Explique sucintamente o que entendeu sobre da Teoria de Evolução das Espécies desenvolvida por Darwin.

Bom trabalho!
professoras:

As

Diana Rodrigues
Paula Serra

Protocolo Experimental

Atividade laboratorial: testar a sensibilidade de bactérias presentes no nosso corpo a antibacterianos usados no quotidiano

Versão: Aluno A

PARTE I

Plaques o meio de cultura em placas de Petri

Materiais:

- álcool a 70%
- papel absorvente
- lamparina de álcool
- 3 caixas de Petri
- meio de cultura nutritivo, em estado líquido (aquecido)

Métodos:

- 1 - Desinfetar a bancada de trabalho:
 - borrifar com álcool a 70% uniformemente,
 - limpar a bancada com papel absorvente, começando no canto superior esquerdo e terminando no canto inferior direito, realizando um movimento em zig-zag.
- 2 - Acender a lamparina de álcool, com um fósforo, e aguardar uns segundos para que se forme um campo estéril em torno da chama.
- 3 - Destapar uma placa de Petri (virada para cima) e verter uma pequena quantidade de meio (a menor possível), apenas o suficiente para cobrir o fundo da placa. Cobrir a placa de Petri com a respetiva tampa em posição inclinada, de forma que a condensação que se forma no interior da tampa evapore mais rapidamente e evitando a acumulação de gotas de água à superfície do meio. Manter a placa semiaberta o mais próximo possível da chama enquanto o meio não solidificar.
- 4 - Repetir o último passo para as outras duas placas.
- 5 - Quando o meio em todas as placas já estiver sólido, tapá-las completamente, virá-las com a base para cima e apagar a chama da lamparina, tapando-a com a própria tampa.

PARTE II

Preparar soluções dos agentes bacterianos

Materiais:

- 4 tubos de ensaio
- caneta de acetato
- água destilada
- sabonete líquido manual, normal e antibacteriano
- 3 pipetas de 10 mL
- pompete

Métodos:

- 1 – Numerar, com a caneta de acetato, os tubos de ensaio 2 e 4 colocados no suporte.
- 2 – Fazer diluições de 1:1 para cada sabonete, normal e antibacteriano, presentes nos tubos 1 e 3, para os tubos 2 e 4, respetivamente. Para tal, aplicar a pompete na extremidade superior de uma pipeta, retirar o ar pressionando a válvula superior, e pipetar 5mL de água destilada para os tubos 2 e 4, pressionando as válvulas inferior e lateral para fazer subir e descer o conteúdo da pipeta, respetivamente. Depois, com uma pipeta diferente para cada substância, pipetar 5 mL dos tubos com sabonete para o respetivo tubo com água destilada.
- 3 – Agitar suavemente cada tubo com diluições, de forma a obter soluções homogêneas.

No final, deve obter-se o seguinte resultado:

Tubo nº	Antibacteriano (Ab)
1	<i>sabonete normal concentrado</i>
2	sabonete normal diluído 1:1
3	<i>sabonete antibacteriano concentrado</i>
4	sabonete antibacteriano diluído 1:1

PARTE III

Inocular placas com amostra

Materiais:

- 3 caixas de Petri com meio de cultura sólido
- agulha de disseção lanceolada
- soluções diluídas de sabonete líquido manual, normal e antibacteriano
- 2 pipetas de Pasteur
- algodão

Métodos:

- 1 – Identificar as placas, no fundo e na periferia, com o número (1, 2 ou 3), a amostra (dedo, dedo + sab. normal, dedo + sab. Ab), o grupo, o turno, a turma e a data.
- 2 – Acender a lamparina de álcool, com um fósforo, e aguardar uns segundos para que se forme um campo estéril em torno da chama.
- 3 – Preparar os inóculos da seguinte forma:

- Placa 1:

- a) destapar parcialmente a placa (virada para cima), e passar suavemente com a ponta do dedo sobre uma porção periférica do meio (Fig. 1A), com cuidado para não o perfurar.
- b) esterilizar a agulha à chama da lamparina, até que fique incandescente. De seguida, tocar com a ponta da agulha numa região periférica do meio (sem inóculo) para que possa arrefecer, e, então, prolongar o inóculo realizado em b) com a ponta da agulha, realizando um padrão em zig-zag (Fig. 1B), até metade da placa. Depois, esterilizar novamente a agulha, arrefecê-la, e continuar a prolongar o inóculo com a mesma técnica (Fig. 1C).

Tapar de imediato a placa e mantê-la invertida sobre a bancada.

Nota: este procedimento deverá ser realizado o mais rapidamente possível, de forma a evitar contaminações.

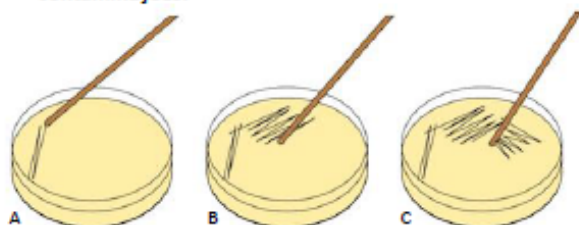


Fig. 1 – Método de esgotamento do inóculo.
A. posição relativa do inóculo na placa de Petri.
B. Primeiro prolongamento do inóculo.
C. Segundo prolongamento do inóculo.

- Placa 2:

- a) molhar uma pequena porção de algodão com a diluição do tubo 2, tapando o tubo com o algodão e invertendo rapidamente o tubo. Limpar o dedo indicador da mão esquerda com o algodão.
- b) repetir o procedimento descrito na alínea a) da placa 1.
- c) repetir o procedimento descrito na alínea b) da placa 1.

- Placa 3:

- a) repetir o procedimento descrito na alínea a) da placa 2, mas utilizando a solução do tubo 4 e outro dedo ainda não utilizado.
- b) repetir o procedimento descrito na alínea a) da placa 1.
- c) repetir o procedimento descrito na alínea b) da placa 1.

4 – Colocar as placas de Petri na estufa, a 30^º C, durante pelo menos 24 horas e verificar se ocorreu crescimento de colónias. Em caso negativo, manter na estufa durante mais 48 horas e voltar a analisar o crescimento bacteriano.

Questionário de Avaliação da Unidade Temática

1. Responda às seguintes questões, assinalando um dos números, de acordo com a seguinte chave:

1 - Discordo totalmente; 2 - Discordo; 3 - Concordo; 4 - Concordo totalmente

a) No início desta unidade foi apresentado o programa de forma clara e compreensível.

1	2	3	4
---	---	---	---

b) Compreendi os objetivos gerais desta unidade.

1	2	3	4
---	---	---	---

c) Sentia-me preparado(a) para realizar esta unidade.

1	2	3	4
---	---	---	---

d) O método de ensino e os recursos utilizados foram favoráveis ao desenvolvimento das aprendizagens previstas no programa.

1	2	3	4
---	---	---	---

e) A professora proporcionou a minha participação numa variedade de atividades de aprendizagem.

1	2	3	4
---	---	---	---

f) A professora incentivou-me a relacionar e a integrar conhecimentos para resolver uma diversidade de problemas.

1	2	3	4
---	---	---	---

g) Tive oportunidade de esclarecer dúvidas e verificar se aprendi os conteúdos previstos no programa.

1	2	3	4
---	---	---	---

h) A avaliação desta unidade foi realizada através de uma diversidade de instrumentos (p. ex.: provas, testes, trabalhos, relatórios, apresentações, pesquisas).

1	2	3	4
---	---	---	---

2. Responda completando as seguintes frases.

a) A atividade que mais gostei de realizar foi ...

b) A atividade que menos gostei de realizar foi ...

c) O assunto desta unidade que mais gostei foi ...

d) O assunto desta unidade que menos gostei foi ...

e) O assunto desta unidade em que tive mais dificuldades foi ...

f) O assunto desta unidade em que tive menos dificuldades foi...

Nome: _____ N.º: _____ Data: 4 de fevereiro de 2015

Agora que esta unidade temática terminou, responda novamente a algumas questões da ficha de diagnóstico que realizou no início da unidade, para que possa verificar a evolução dos seus conhecimentos.

1. Defina sucintamente, por palavras suas, o que é a Evolução Biológica.

2. Assinale as frases verdadeiras (V) e as falsas (F) sobre a origem e a evolução dos seres vivos.

- _____ a) Os seres eucariontes terão surgido na Terra primeiro que os seres procariontes.
- _____ b) A evolução biológica é responsável pela explicação da origem da vida na Terra.
- _____ c) A teoria da evolução é uma explicação de fenómenos observados na natureza, que não corresponde à explicação da religião em dar significado e razão para os mesmos, logo são incompatíveis.
- _____ d) As bactérias são seres menos evoluídos que grande parte dos animais, considerando o seu tamanho.
- _____ e) Os organismos estão sempre a melhorar através da evolução.
- _____ f) Um organismo individual pode evoluir ao longo da sua vida.
- _____ g) Os organismos melhor adaptados numa população são os mais fortes, mais saudáveis, mais rápidos e/ou maiores.
- _____ h) Uma determinada espécie evolui sempre da mesma forma, para se tornar melhor adaptada ao ser habitat.
- _____ i) As teorias evolucionistas apoiam que a vida evoluiu (e continua a evoluir) de forma aleatória, ao acaso.
- _____ j) A seleção natural é, apenas, um dos mecanismos que conduz à evolução biológica.
- _____ k) A evolução apenas ocorre de forma lenta e gradual, o que implica que o ser humano não a consegue influenciar.
- _____ l) O ser humano não causa impacto negativo nos ecossistemas, uma vez que as espécies apenas desenvolvem o que precisam para sobreviver.

Bom trabalho!

As professoras:
Diana Rodrigues
Paula Serra

ANEXOS

	Introducción (40%)			Metodología (20%)			Desarrollo (80%)					Argumentación (40%)					
	200	110	200	100	100	100	25%	25%	25%	100	200	100	200	100		100	
C1	1	Alfonso Rodríguez	7	100	5	5	25	25	25	200	200	100	5	100	5	100	
	2	Ana Piquet Rodríguez	10	100	100	7	5	15	25	25	200	200	15	5	100	100	
	3	Andriana Díaz	10	100	100	7	4	25	25	25	100	5	15	5	100	100	
	4	Carmelina Hernández	10	100	15	7	8	10	10	20	100	15	10	15	5	100	
	5	Carolina Silva	8	100	100	5	4	10	25	25	100	100	5	15	5	100	
	6	Carolina Silva	10	5	5	7	5	10	10	10	5	5	5	15	5	100	
	7	Colina Alfonso	10	100	7	7	4	10	10	25	100	15	10	7	5	100	
	8	Felipe Villar	10	0	0	5	5	10	10	10	100	10	10	15	0	100	
	9	Gonzalo Fernández	5	4	5	7	5	10	10	20	100	0	20	0	5	100	
	10	Guillermo Latorre	10	100	15	5	5	10	10	25	100	5	15	5	100	100	
	11	Helena Collado	7	100	100	7	8	20	25	25	100	15	10	15	5	100	100
	C2	12	Helena Pina														
13		Juanita Rodríguez	10	0	0	7	7	20	25	25	100	8	10	15	5	100	100
14		Julia Torres	5	100	0	5	5	10	25	25	5	6	10	15	5	100	100
15		José Palma	10	100	15	7	5	5	5	5	100	10	7	15	5	100	100
16		Lucan Perry	10	100	8	7	5	15	20	20	100	10	10	15	5	100	100
17		Mariana Pérez	10	100	15	10	10	25	25	25	100	15	10	15	5	100	100
18																	
19		María Helena Duarte	10	100	100	7	8	25	25	25	100	15	10	15	5	100	100
20		María Inés Rodríguez	10	100	100	7	5	25	25	25	100	15	10	15	5	100	100
21		María López	10	100	100	7	5	25	25	25	100	15	10	15	5	100	100
22		Mariana Muñoz	10	100	5	5	5	20	25	25	100	10	10	15	5	100	100
23		María Rodríguez	10	100	8	7	5	25	20	20	100	17	10	15	5	100	100
24	María Santos	10	5	100	7	7	20	25	25	100	15	10	15	5	100	100	
25	Pedro Carrasco	10	5	0	7	10	25	25	25	5	0	5	5	100	100	100	
26	Pedro Sánchez	10	5	0	7	5	15	25	25	5	0	5	5	100	100	100	
27	Ricardo Torres	7	5	0	7	5	20	20	20	5	0	5	10	5	100	100	
28	Sofía Rodríguez	7	5	0	7	7	10	20	20	5	0	5	15	5	100	100	
29	Teresa Santos	5	100	100	7	5	25	25	25	8	5	10	15	5	100	100	

		Prática		
		zoo	lab	Final
1	Afonso Falcão	12	12	12
2	Ana Filipa Baltazar	18	17,2	17,6
4	Andreia Dias	15	15,6	15,3
6	Carolina Hasslocher	15	15,5	15,3
7	Catarina Silva	13	12,9	13
9	Catarina Góis	9	10	9,5
10	Cláudia Afonso	12	13	12,5
11	Filipe Vitor	12	10	11
12	Gonçalo Fernandes	12	11	11,5
13	Guilherme Lourenço	15	15	15
14	Helena Oliveira	17	17,2	17,1
15	Jéssica Pina	10		10
16	Joana Monteiro	14	13,7	13,9
17	João Neves	12	12,1	12,1
18	José Palma	13	13	13
19	Lucas Perry	13	14,5	13,8
20	Mafalda Pinto	19	19	19
21	M ^a Helena Duarte	10	n entregou	9
22	M. ^a Inês Ribeiro	18	18	18
23	Maria Lopes	17	17,7	17,4
24	Mariana Matos	16	15,5	15,8
25	Marta Ambrósio	18	17,2	17,6
26	Marta Santos	17	17	17
27	Pedro Carmona	9	10,2	9,6
28	Pedro Sebastião	10	10,2	10,1
29	Ricardo Serra	12	10,4	11,2
30	Sofia Alcântara	10	10,1	10,1
31	Teresa Santos	14	14,3	14,2

	GRUPO I-Experiência									GRUPO II-Margulis							
Questões	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8
Pontos	5	5	5	5	5	5	10	8	15	5	5	5	5	5	5	5	15
2 Ana Filipa	0	5	5	5	5	5	10	6	14	5	5	5	5	5	5	5	12
4 Andreia	5	0	5	5	5	0	0	5	12	5	5	0	0	5	5	5	15
7 Catarina Silva	5	5	5	5	5	0	0	6	15	5	5	5	5	5	5	5	15
9 Catarina Góis	0	5	0	5	0	5	0	3	8	0	5	0	0	5	5	5	0
12 Gonçalo	5	5	0	5	5	5	0	8	12	5	5	5	5	5	5	0	15
13 Guilherme	5	5	5	5	5	0	0	5	8	5	5	5	5	5	5	5	8
14 Helena Oliveira	5	5	5	5	5	5	10	6	13	5	5	5	5	5	5	5	12
15 Jéssica	0	0	5	5	0	0	0	5	5	0	5	0	5	5	5	5	6
16 Joana	0	0	5	5	0	0	0	7	15	0	5	5	5	0	5	5	13
19 Lucas	0	0	5	5	5	5	10	2	15	5	5	5	5	5	5	5	8
21 Maria Helena	5	0	5	5	5	5	0	2	10	5	5	5	5	5	5	0	14
23 Maria	5	5	5	5	5	5	0	6	14	5	5	5	5	5	5	0	15
28 Pedro Sebastião	0	0	5	5	5	5	10	7	8	5	5	0	0	0	5	5	N
30 Sofia	0	0	5	5	0	0	0	2	12	0	5	5	0	5	0	5	4

	GRUPO I-Margulis									GRUPO IV-Experiência								
	1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5	5	5	5	5	5	5	15		5	5	5	5	5	5	10	8	15
1 Afonso	5	5	5	0	5	0	0	7		0	5	0	5	5	0	0	2	15
6 Carolina Hassslocher	5	5	5	5	5	5	5	9		0	5	0	5	5	0	0	4	15
10 Cláudia	5	5	5	5	0	5	5	12		0	5	0	5	0	0	0	6	12
11 Filipe	5	5	5	5	5	5	5	15		0	5	5	5	5	0	0	5	15
17 João	5	5	5	5	5	5	5	11		0	5	0	5	5	5	0	5	15
18 José Miguel	5	5	5	5	5	5	5	N		0	0	5	0	5	5	10	2	10
20 Mafalda	5	5	5	5	5	5	5	13		5	0	5	5	5	5	10	5	14
22 Maria Inês	5	5	5	5	5	5	5	9		0	5	5	5	0	5	10	5	15
24 Mariana	5	5	5	5	5	5	5	8		5	5	5	5	0	0	0	5	8